



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y MINERÍA EN MÉXICO:
PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES**

TESIS

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación **Ecología**)

P r e s e n t a

Elisa Jeanneht Armendáriz Villegas

La Paz, Baja California Sur, **Febrero** de **2016**

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 11:00 horas del día 10 de Febrero de 2016, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada: "**Áreas Naturales Protegidas y Minería en México; Perspectivas y Propuestas**"

Presentada por el alumno:

Elisa Jeanneht Armendáriz Villegas

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN Ecología.

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

 _____ Dr. Alfredo Ortega Rubio Director de Tesis	 _____ Dra. Alejandra Nieto Garibay Co-Tutor
 _____ Dr. Enrique Troyo Diéguez Co-Tutor	 _____ Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga Co-Tutor
 _____ Dr. Luis Felipe Beltrán Morales Co-Tutor	
 _____ Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra, Directora de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos	

Integración de Comités

Comité tutorial:

Dr. Alfredo Ortega Rubio (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR), Director de Tesis.

Dra. Alejandra Nieto Garibay (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR), Co-Tutor.

Dr. Enrique Troyo Diéguez (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR), Co-Tutor.

Dr. Alfredo Arreola Lizárraga (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR), Co-Tutor.

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR), Co-Tutor.

Comité revisor de tesis:

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Dra. Alejandra Nieto Garibay

Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dr. Alfredo Arreola Lizárraga

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Jurado de examen de grado:

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Dra. Alejandra Nieto Garibay

Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dr. Alfredo Arreola Lizárraga

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Dr. Gustavo Alberto Arnaud Franco, Suplente.

Dr. Alejandro Manuel Maeda Martínez, Suplente.

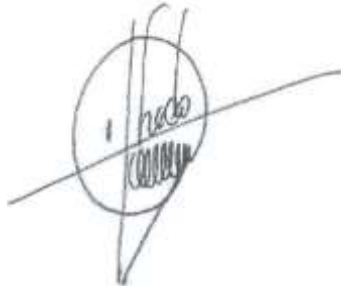
RESUMEN

México, presenta actualmente un resurgimiento minero sin precedentes en la historia de la minería en el país. A pesar de su fuerte tradición minera, la nueva forma de extracción, su escala, su contexto económico y legislativo, así como el modelo social que genera, son muy distintos a la minería del pasado. La nueva minería en México está dirigida principalmente a metales industriales y preciosos, esta actividad se realiza a gran escala y principalmente a cielo abierto. Produce impactos medioambientales tales como: contaminación de ríos y acuíferos con metales pesados y otras sustancias, drenaje ácido, remoción de la cubierta vegetal, generación de grandes cantidades de escombros contaminantes, abatimiento de fuentes de agua, emisiones continuas de gases y polvos a la atmósfera durante la extracción y procesamiento. El objetivo de este trabajo fue diagnosticar el estado actual y las perspectivas en el manejo de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales en relación al traslapo con concesiones y proyectos mineros, en general para el país y con atención a aquellas ubicadas en la Península de Baja California, así como elaborar indicadores que permitan evaluar la cantidad de desechos potencialmente tóxicos de distintos proyectos mineros, y el grado de exposición de las ANP de acuerdo a su categoría de manejo. Para calcular el porcentaje de traslapo, número de concesiones y minerales a extraer en las ANP federales y considerando que un polígono representa el perímetro de un área natural protegida o de una concesión minera, se emplearon los polígonos georreferenciados actualizados al 2013 de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas y los polígonos geo-referenciados de las concesiones mineras que otorga la Secretaría de Economía, por medio del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI) con información hasta el 2010 y que es vigente a la fecha, así como los principales proyectos mineros georreferenciados por el Servicio Geológico Minero. Con Arc View GIS 3.1 se calculó la superficie de ANP traslapada con concesiones mineras. Para generar el Indicador compuesto de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM), se seleccionó una serie de indicadores sobre las características y grado de procesamiento. Con base en proporciones de traslapo, coincidencia de proyectos mineros tanto dentro de ANP como en una zona búfer y su ubicación con cuencas hidrológicas, se confeccionó un indicador de grado de exposición a la explotación minera por categorías de manejo. Se analizó el abordaje de los programas de manejo de ANP de la Península de B.C. en cuanto a la permisividad de la minería, el traslapo de concesiones por zonificación y al cumplimiento con la legislación ambiental en la materia. Se hizo una revisión bibliográfica de la minería en áreas protegidas desde puntos de vista de otras áreas de estudio que intervienen en su interpretación, con la intención de encontrar las situaciones que la generan así como sugerir posibles soluciones. Se encontró que un total de 63 ANP federales presentan traslapos con concesiones mineras y 13 de las cuales, además tienen uno o más proyectos mineros (29 en total). Los minerales a extraer mencionados en los títulos de concesión y en los

proyectos mineros están dirigidos principalmente a minería metálica. Por categoría de manejo, las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF), Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN) y Reservas de la Biosfera (RB) tienen una mayor incidencia de concesiones y proyectos mineros, y de estas, las APRN tienen la situación más crítica, ya que 6 de las 8 ANP que hay con esta categoría tienen un total de 13 proyectos mineros y el 46% del superficie total de concesiones mineras en ANP. Mientras tanto Monumentos Naturales (MN), Parques Nacionales (PN) y Santuarios (S) tienen proporcionalmente una menor incidencia de concesiones mineras además de no presentar proyectos mineros. En un acercamiento a la zonificación de las ANP de la Península de B.C., los programas de manejo cuentan con áreas donde se permite la minería. Pese a ello, hay concesiones que quedan fuera de estas zonas. En los programas de manejo, incluyendo los más recientes, se observa una tendencia a compatibilizar la minería con los objetivos de conservación de las ANP y a no definir con precisión el perfil de la minería orientada a la sustentabilidad, como se menciona, sino a delegar la decisión final a la discrecionalidad de los evaluadores en materia de impacto ambiental. Se encontró una fuerte interacción entre el sector minero y el sector institucional a cargo de la conservación y manejo de las ANP, así como una escasa atención a involucrar y trabajar con las poblaciones de las ANP.

Palabras Clave: Áreas Naturales Protegidas. Minería. Contaminación.

Vo.Bo. Dr. Alfredo Ortega Rubio (Director de Tesis).

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alfredo Ortega Rubio', is written over a circular stamp. The stamp contains some illegible text and a vertical line.

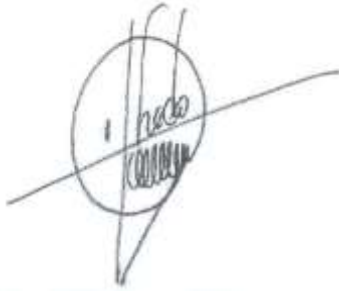
ABSTRACT

Mexico currently has a mining resurgence unprecedented in the history of mining in the country. Despite its strong mining tradition, the new form of extraction, its scale, its economic and legislative context and the social model that generates, are very different from past mining. The new mining in Mexico is aimed primarily at industrial and precious metals, which makes large-scale, mainly in the open. Produce environmental impacts such as pollution of rivers and aquifers with heavy metals and other substances, acid mine drainage, removal of vegetation cover, generating large quantities of contaminating debris abatement of water sources, continuous emissions of gases and dust into the atmosphere during extraction and processing. The aim of this study is to diagnose the current state and perspectives in the management of federal protected areas in relation to overlapping concessions and mining projects in general for the country and with attention to the ANP located on the Peninsula Baja California, and develop indicators to assess the amount of potentially toxic waste from different mining projects, and the degree of exposure of ANP according to their management category. To calculate the percentage of overlap, number of concessions and minerals extracted in federal ANP and whereas a polygon represents the perimeter of a protected area or a mining concession, georeferenced polygons updated to 2013 Protected Natural Areas were used Commission of Natural Protected Areas and georeferenced polygons of mining concessions granted by the Ministry of Economy, through the Federal Institute of access to Public information (IFAI) with information until 2010 and that is in effect on the date, as well as major mining projects georeferenced by the Geological and mining to date. Arc View GIS 3.1 ANP surface overlapping mining concessions was calculated. To generate the composite indicator Potentially Toxic Waste Generation Mining Project (IGRPT-PM), a series of indicators on the characteristics and degree of processing was selected. Based on proportions of overlap, overlap of mining both within ANP as a buffer zone projects and their location with watersheds, an indicator of the degree of exposure to mining by management categories was made. He is addressing the ANP management programs Peninsula analyzed B.C. as to the permissibility of mining concessions overlapping zoning and compliance with environmental legislation. A literature review was mining in protected areas from points of view of other areas of study involved in their interpretation, with the intention of finding situations that generate and suggest possible solutions. It was found that a total of 63 federal ANP have overlapping mining concessions and 13 which also have one or more mining projects (total of 29). Extracting minerals mentioned in the concession titles and mining projects are aimed primarily metal mining. By category management, areas of Flora and Fauna (APFF) Areas of Protection of Natural Resources (APRN) and Biosphere Reserves (RB) have a higher incidence of mining concessions and projects, and of these, the APRN have the most critical situation, as 6 of 8 ANP this category there are a total of 13 mining projects and 46% of the total area of mining concessions in ANP. Meanwhile Natural

Monuments (MN), National Parks (NP) and Sanctuaries (S) have proportionately lower incidence of mining concessions whilst posing no mining projects. In an approach to zoning ANP Peninsula B.C., management programs have areas where mining is allowed. Nevertheless, there are concessions that fall outside these areas. In management programs, including the latest, a tendency to reconcile mining with the conservation objectives of the ANP no longer define precisely the profile of mining oriented sustainability is observed, as mentioned, but to delegate end to the discretion of the evaluators in environmental impact decision. a strong interaction between the mining sector and the institutional sector in charge of the conservation and management of the ANP, and scant attention to involve and work with the populations of the ANP was found.

Key Words: Protected natural areas. Mining. Pollution.

Vo.Bo. Dr. Alfredo Ortega Rubio (Director de Tesis).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alfredo Ortega Rubio', is written over a circular stamp. The signature is somewhat stylized and overlaps the stamp.

DEDICATORIA:

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS:

Al CIBNOR como institución receptora y al CONACYT por la beca otorgada (CVU becario 209656/205588)

Al Dr. Alfredo Ortega por haberme brindado la oportunidad de trabajar con este tema, por todo su apoyo como director y amigo. Al resto de mi comité por todo su apoyo: Dra. Alejandra Nieto, Dr. Alfredo Arreola, Dr. Enrique Troyo y Dr. Luis Felipe Beltrán.

A Quienes contribuyeron con sus valiosas aportaciones, consejos y recomendaciones: Biol. María de los Ángeles Covarrubias, Maestro Manuel Trasviña, Dra. Magdalena Lagunas, Dr. Guzmán Poo, Dr. Hernán Ramírez, Dra. Jannette Murillo, Dr. Enrique Nava, Dr. Javier Caraveo y Dr. Manuel Tripp.

Así como la información proporcionada por la Red Mexicana de Afectados por la Minería y el Frente Ciudadano en Defensa del Agua y la Vida en B.C.S.

Este trabajo fue desarrollado con el apoyo de la Red Temática CONACYT Áreas Naturales Protegidas (RENANP).

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1. Minería histórica en México.....	2
2.2. Minería actual en México.....	6
2.3. Concesiones mineras y regalías.....	9
2.4. Residuos mineros y sus impactos ambientales.....	10
2.5. Distribución ambiental de metales y metaloides a partir de los desechos mineros.....	17
2.6. Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas en México.....	25
2.7. Minería y Áreas Naturales Protegidas.....	27
2.8. Indicadores ambientales.....	28
3. JUSTIFICACIÓN	30
4. OBJETIVOS	31
4.1. Objetivo General.....	31
4.2. Objetivos Particulares.....	31
5. MATERIAL Y MÉTODOS	32
5.1. Estimación del traslapo de Áreas Naturales Protegidas federales.....	32
5.2. Elaboración del indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM).....	33
5.3. Estimación de ANP con mayor amenaza.....	36
5.4. Traslado de las concesiones mineras con la zonificación de ANP de la Península de B.C. y su permisividad en los programas de manejo.....	38
6. RESULTADOS	39
6.1. Concesiones mineras y minerales a extraer en ANP.....	39
6.2. Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM).....	51
6.3. Indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza.....	55
6.3.1. Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Santuarios.....	55
6.3.2. Áreas de Protección de Flora y Fauna, Áreas de Protección de Recursos Naturales y Reservas de la Biósfera.....	61
6.4. Concesiones mineras y traslapo con la zonificación de ANP terrestres de la Península de Baja California y su permisividad en los programas de manejo.....	66
6.4.1. APFF Valle de los Cirios.....	68
6.4.2. RB El Vizcaíno.....	71
6.4.3. RB Sierra La Laguna.....	74
6.5. Perfil de las actividades mineras en los Programas de Manejo.....	77
7. DISCUSIÓN	80
7.1. Concesiones mineras.....	80
7.2. Sobre la permisividad de la minería en la LGEEPA y las categorías de manejo.....	81
7.3. Algunas consideraciones sobre la zona búfer.....	82

7.4. Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos por Explotación Minera.....	84
7.5. Indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza, según las categorías de manejo.....	86
7.6. Sobre los programas de manejo de ANP.....	88
7.6.1. Abordaje de la minería en los Programas de Manejo de ANP de la Península de Baja California.....	89
7.6.2. Monitoreo ambiental en las ANP con proyectos mineros.....	94
7.7. El cabildeo de la industria sobre los programas de manejo.....	95
7.8. Consideraciones sobre la seguridad ambiental ante la minería.....	95
7.9. Perspectivas sobre la interacción Minería-Conservación.....	99
7.10. Áreas protegidas, comunidades y minería.....	104
7.11. Recapitulación de los resultados y discusión de esta tesis.....	109
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
8.1. Desde los resultados de esta tesis.....	114
8.2. En lo general.....	115
9. BIBLIOGRAFÍA.....	117
10. ANEXOS.....	148
Anexo 1.....	148
Anexo 2.....	163
Anexo 3.....	164
Anexo 4.....	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procesos, residuos y amenazas potenciales de la minería metálica.....	13
Figura 2. Tipos de contaminación resultante de la minería metálica a gran escala por vía fluvial y atmosférica.....	21
Figura 3. Componentes del Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM).....	34
Figura 4. Estatus de progreso de las concesiones mineras de acuerdo a datos del 2010.....	39
Figura 5. Áreas Naturales Protegidas federales según su proporción de superposición con concesiones mineras.....	48
Figura 6. Minerales objetivo para extracción en todas las concesiones vigentes que coinciden en ANP federales.....	49
Figura 7. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 con la zonificación del APFF Valle de los Cirios.....	70
Figura 8. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 a la zonificación de la RB El Vizcaíno y RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre.....	73
Figura 9. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 a la zonificación de la RB Sierra La Laguna.....	76
Figura 10. Medio de transporte de contaminantes, su tiempo de transporte, extensión espacial y número relativo de publicaciones científicas de revisión por pares que la mencionan.....	164

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Sugerencia de decisión según los intervalos de valor del Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT).....	35
Tabla II. Número de ANP federales que presentan concesiones y proyectos mineros según su categoría de manejo.....	41
Tabla III. Proporción de superficies decretadas traslapadas con concesiones mineras y número de proyectos mineros en ANP y sus búferes según la categoría de manejo.....	41
Tabla IV. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 5 a 5,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.....	42
Tabla V. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 5,000 a 50,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.....	44
Tabla VI. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 50,000 a 500,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.....	45
Tabla VII. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 500,000 a 3,000,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.....	47
Tabla VIII. Minerales a extraer mencionados en el portal del Servicio Geológico Mexicano en los principales proyectos mineros y grandes yacimientos del país.....	50
Tabla IX. Parámetros del IGRPT-PM algunas minas en operación relacionadas a ANP.....	52
Tabla X. Coeficiente de correlación de Pearson.....	55
Tabla XI. Rangos de valoración del Indicador de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza.....	57
Tabla XII. Indicadores de Exposición a la Explotación Minera como Amenaza de ANP que están bajo las categorías de manejo de Parque Nacional (PN), Santuario (S) y Monumento Natural (MN).....	58
Tabla XIII. Indicadores de Exposición a la Explotación Minera de ANP que están bajo las categorías de manejo de Reservas de la Biósfera (RB), Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) y Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN).....	63
Tabla XIV. Proporciones traslapadas con concesiones mineras en las 3 ANP según la permisividad de su respectiva zonificación ante la actividad minera, así como el tipo de mineral a extraer según los títulos de concesión.....	67
Tabla XV. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el APFF Valle de los Cirios hasta 2010.....	69
Tabla XVI. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el RB El Vizcaíno y RB Complejo Lagunar Ojo	

de Liebre hasta 2010.....	72
Tabla XVII. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el RB Sierra la Laguna hasta 2010.....	75
Tabla XVIII. Comparación entre las condicionantes mencionadas en los Programas de Manejo respecto a los proyectos mineros que pretendan efectuarse en Valle de los Cirios (VDC), El Vizcaíno (EV) y Sierra La Laguna (SLL).....	79
Tabla XIX. Tipo de mina de acuerdo a la ubicación vertical del yacimiento en el subsuelo y si realizan excavación (V: Valoración).....	149
Tabla XX. Escala de procesamiento del proyecto minero según el Reglamento de la Ley Minera (Cap. III, Art. 9).....	151
Tabla XXI. Valoración de los procesos de Extracción y Obtención (Beneficio) de los minerales de proyectos mineros y minas relacionados a ANP federales, de acuerdo a la posibilidad de generar desechos potencialmente tóxicos.....	152
Tabla XXII. Metales excepto Hierro y Manganeseo.....	156
Tabla XXIII. Procedimiento para la obtención del Hierro.....	157
Tabla XXIV. Procedimiento para la obtención del Manganeseo.....	158
Tabla XXV. Procedimiento para la obtención de la Fluorita.....	159
Tabla XXVI. Procedimiento para la obtención del Yeso.....	160
Tabla XXVII. Procedimiento para la obtención de la Sal Marina.....	161
Tabla XXVIII. Procedimiento para la obtención del Carbón.....	162
Tabla XXIX. Zonificación permitida en la Ley General de Equilibrio Ecológico.....	163

1. INTRODUCCIÓN

México presenta un resurgimiento minero sin precedentes en la historia de la minería en el país. A pesar de su fuerte tradición minera, la nueva forma de extracción, su escala, su contexto económico y legislativo y el modelo social que genera son muy distintos a la minería del pasado (Sariego, 1994; 2011).

La demanda por los recursos minerales es cada vez mayor, a pesar de que muchos de ellos se encuentran en yacimientos cada vez más pobres. La alta cotización de los metales en años recientes en el mercado internacional, principalmente del oro y la plata, así como la implementación de nuevas tecnologías, promueve el interés de compañías trasnacionales en áreas que aunque no tengan una elevada concentración de minerales como en el pasado, pueden resultar altamente redituables (Ruiz, 2004).

La nueva minería en México está centrada en los metales industriales y preciosos, se realiza a gran escala (SGM, 2013) y principalmente a cielo abierto. Produce impactos ambientales notorios, destacando: contaminación de ríos y acuíferos con metales pesados y otras sustancias, drenaje ácido, remoción de la cubierta vegetal, generación de altas cantidades de escombros contaminantes, abatimiento de fuentes de agua, emisiones continuas de gases y polvos a la atmósfera durante la extracción y procesamiento. Además de lo anterior, enfermedades humanas, afectación a las actividades económicas locales, y generación de marginación y pobreza (Moran, 2000; WRI, 2004).

México no sólo es un país rico en minerales, también lo es patrimonio natural. Es reconocida su mega diversidad biológica y ecosistémica, pero también paisajística, genética y cultural. En este sentido, como firmante del Convenio de la Diversidad Biológica, nuestro país desde 1992 se comprometió a establecer un sistema de áreas naturales protegidas con el fin de conservar la biodiversidad. Es así que las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son el principal instrumento de la política ambiental con reconocimiento jurídico para salvaguardar el patrimonio natural de la destrucción y la perturbación. A pesar de su reconocimiento en la

legislación, la minería goza de preferencia en el uso de suelo del territorio, encima de cualquier otro uso de suelo (Art. 6, Ley Minera), por lo que existen concesiones mineras incluso en Áreas Naturales Protegidas.

A pesar de que una concesión minera no equivale a una mina, existen amenazas latentes en dichas concesiones que no se han contemplado en el discurso político, que propone a la minería como un gran motor de desarrollo económico en México. De hecho y a pesar de los severos impactos negativos de la minería en el medio ambiente, la coincidencia de la minería en áreas protegidas en otros sitios del mundo no es una novedad, sobre todo en países pobres o de escasa regulación (Chérrez *et al.*, 1997; Farrington, 2005; Fig, 2008; RAISG, 2012).

En México esta situación es reciente, por lo que se considera oportuno un diagnóstico general de las ANP federales y sus programas de manejo en relación a las concesiones mineras, posibles amenazas y propuestas para elevar su protección ante la actividad minera, buscando en las raíces que han dado lugar a esta situación, especialmente en la conformación de las ANP, sus instituciones promotoras y su relación con las industrias extractivas.

2. ANTECEDENTES

2.1. Minería histórica en México

Las actividades mineras históricamente se caracterizan por su fluctuación entre ciclos de resurgimiento y decaimiento. Algunas capitales de estados mexicanos (Guanajuato, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Saltillo, etc.) tienen su origen en un importante pasado minero que explotaron los españoles, otros sitios más, europeos y estadounidenses. Sariego (1994) destaca tres modelos de implantación socio-espacial que se llevaron a cabo en diferentes contextos históricos de la minería en México.

I. Los reales de minas, constituían elaboradas redes sociedades coloniales controladas por la Corona española. La extracción y mantenimiento mineros conformaba pueblos y ciudades alrededor de ellas. En ellos existían sitios donde se acuñaba la moneda hecha con materiales llevados de las minas, edificios y monumentos donde se centralizaba el poder político y religioso, y barrios en los alrededores donde gente de diferentes oficios comerciaba y vivía de la riqueza minera. El declive de los reales de minas vino con el agotamiento de los yacimientos, que para la tecnología de la época fueron ya insuficientes. El mayor aporte de este periodo fue la infraestructura que posteriormente fue utilizada para reavivar la producción minera.

II. Los minerales fueron fundados principalmente por capital estadounidense. Después de un largo periodo de poca actividad entran en escena una década antes de la Revolución Mexicana (Sariego, 1994) y hasta antes de 1940 (Águila, 2004). Se caracterizaron por las grandes inversiones que hicieron los empresarios para construir vías de comunicación y pueblos mineros en zonas aisladas en sierras y desiertos. Estos pueblos se concibieron como una prolongación de la vida laboral y como forma de asegurar y compensar el desgaste y la inestabilidad de la mano de obra. El norte de México, atraía la mayoría de las inversiones y empleos, cuyos salarios eran casi dos veces superiores a las regiones del centro del país. Este modelo decae cuando la minería pasa al esquema empresarial nacional, tanto por el control del estado, como por la inserción de los empleados a los sindicatos.

III. Viene una etapa de pequeñas comunidades mineras en inestabilidad y simbiosis con la agricultura que se da principalmente en los estados de la Sierra Madre Occidental. La dispersión de los yacimientos en un territorio de difícil acceso y la notoria desconexión de fuentes de energía, comunicaciones y plantas de fundición y refinamiento de los minerales ocasionan esta precariedad de la minería en comunidades campesinas, que sólo puede ser a pequeña y mediana escala, y que se lleva en combinación con la agricultura. Los llamados

“gambusinos”, “chiveadores” o “lavadores” utilizan la vieja técnica de extracción con mercurio y lo realizan en arroyos caudalosos (Sariego, 1994).

A partir de la Segunda Guerra Mundial cambia radicalmente el papel de la minería en el contexto económico nacional, dejando de ser la columna vertebral que fue por cuatro siglos. Las políticas tendieron hacia la diversificación de las actividades económicas, entre ellas la agricultura. Se promulgaron leyes para la mexicanización de la minería en 1961, por lo que la inversión mexicana tenía que ser de al menos 51% en cada proyecto. En este periodo la intervención y participación del Estado se incrementó. En 1971 entra en vigor la ley reglamentaria al Art. 27 que regula la minería, refuerza este nacionalismo y promueve la pequeña y mediana minería con apoyo y la capacitación estatales. También adjudicó al Estado la exploración y explotación de determinados minerales de utilidad nacional (hierro, carbón, azufre, potasio y fósforo) (Coll Hurtado *et al.*, 2002).

A partir de la década de los ochentas, debido a una impagable deuda externa y a las medidas impuestas por el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), el país experimenta una pérdida del control estatal de la minería y cambios en su reglamentación. Con ello vino el ajuste macro-económico mediante la privatización de las empresas públicas, la desregulación de los mercados, la reconversión industrial, la liberalización de los medios de transporte, las comunicaciones y de la banca (Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

En cuanto a los procesos políticos y económicos que transformaron la minería en la década de los noventa para llegar al modelo que impera actualmente: la privatización; la apertura al capital extranjero con todas las transformaciones jurídicas que ambas implicaron; los nuevos niveles de concentración y centralización del capital, que han llevado a la transnacionalización de los grupos mineros mexicanos mediante alianzas estratégicas con el capital extranjero y finalmente la modernización tecnológica, sustentada en los anteriores, que ha reducido muchísimo la mano de obra (25%) y capitalizado cualitativamente la actividad (nueva maquinaria y equipo

computarizado en la exploración, la explotación y la administración), lo cual conlleva profundos cambios en el proceso de trabajo (Morales, 2002).

Muchos de estos cambios los han experimentado los países latinoamericanos. El interés por la industria minera en Latinoamérica surge a finales de la década de 1980 como consecuencia de los estrictos controles ambientales en los países de economía central, de los altos costos de producción y del agotamiento de los depósitos minerales en esos países. En 1994 y 1995, por primera vez en la historia, América Latina pasa a ocupar el primer lugar en relación a inversiones por concepto de minería (Chérrez *et al.*, 1997). Un documento oficial del Banco Mundial habla del rol prominente y activo del mismo para redactar y reformar leyes sobre minería en muchos países latinoamericanos (World Bank, 2003). Países en los que previamente la legislación reservaba los derechos de exploración y explotación exclusiva o parcialmente al Estado, la nueva legislación abre la minería y el sector energético a la inversión extranjera y a su posesión, reduce el beneficio estatal a regalías de 1 a 3%, libera restricciones e impuestos para importar maquinaria y equipamiento y no requiere de beneficios por permanecer en el país huésped (De Echave, 2006). Además, la mayoría de las legislaciones incluyen la expropiación forzada y re-asentamiento involuntario y no contemplan la consulta a las comunidades y pueblos originarios. Este marco legal orientado al mercado, generó una enorme expansión de las actividades mineras corporativas en Latinoamérica. Los pasados diez años, la inversión minera global en estos países incrementó de un 12% a un 30% (Munarriz, 2008).

La mayor parte de las reservas mundiales se localizan en países periféricos (de economía periférica), lo que adquiere un gran interés por los inversionistas ya que en ellos, los costos de producción se reducen al máximo a costa de los altos costos económicos sociales (Delgado, 2010).

2.2. Minería actual en México

Según López y Eslava (2011) dos hechos importantes marcan la nueva etapa de la minería en México: La reforma al artículo 27 constitucional que permitió el cambio en la orientación de la legislación minera (1992) y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) que marcó las pautas para modificación en el acceso a la tierra bajo la cual se encuentran los minerales, el uso del suelo, el uso del agua para el procesamiento del mineral, la prevención o remediación de la contaminación ambiental y la inversión extranjera en este rubro.

Como resultado de estos procesos de desregulación legal y de privatización, la estructura de la minería mexicana está hoy integrada por tres sectores con dimensiones muy desiguales: la gran minería monopólica de capital nacional (principalmente Grupo México e Industrias Peñoles); otro sector que incluye un número importante de empresas canadienses (que no llegan, sin embargo, a tener un peso productivo equivalente al de los grandes consorcios nacionales) y finalmente otro formado por un muy reducido sector de pequeñas y medianas empresas mineras (Sariago, 2011).

La aplicación de las nuevas tecnologías ha permitido explotar depósitos superficiales, los cuales son minados a tajo abierto, con equipos de alta productividad y la incorporación de la lixiviación en pilas, tecnología metalúrgica que tiene costos más bajos. Estos cambios tecnológicos han hecho rentable el minado de depósitos de leyes bajas y la aparición de operaciones de gran producción. El desarrollo de operaciones con estas tecnologías ha determinado que las operaciones en minas subterráneas inicien una tendencia decreciente, no sólo debido a los altos costos que su explotación demanda, sino al agotamiento de las mismas (Ruiz, 2004).

La gran minería, minería industrial o mega minería no está definida en la Ley Minera ni su reglamento, donde sí se determina la capacidad de la pequeña y mediana minería, por lo que se puede suponer que es aquella que cuya

capacidad de procesamiento va por encima de las 2,000 toneladas diarias (Reglamento Ley Minera Art. 9-II). La minería de la última década se hace a gran escala. Los proyectos de metales industriales y preciosos, que son los principales productos en producción y valor, un 98-100% son proyectos de gran minería. En la minería no metálica la gran minería acapara la extracción del carbón (96-100%), la fosforita y el azufre (100%), la fluorita (90%) y la sal (81%). En la mediana minería (350-5000 ton/día) predomina la wollastonita, sulfato de sodio y de magnesio (100%), la diatomita (99%), el feldesapato (92%), el caolín (89%), y la dolomita (67%). Y la pequeña minería (<350 ton/día) por la diatomita (100%) el grafito (100%) y el yeso (61%) (SGM, 2013).

El oro, la plata, el cobre y el zinc ocupan un lugar preponderante en el valor de producción nacional de 2009 al 2014 (1°, 2° y 3° y 4°), aunque de 2001-2008 tuvieron diferentes posiciones, siendo el cobre el primero y el resto en alguno de los otros puestos. En 2001-2004 el valor promedio de la producción de los minerales metálicos fue de 45% del total nacional (y 55% los no metálicos), mientras que de 2005 a 2013 incrementó hasta alcanzar el 81% del total nacional. En contraste, su proporción en peso (t) ha incrementado de un 3% (2001-2005) a un 16% del total nacional (datos de los anuarios estadísticos de la minería; SGM, 2002, 2005; 2008; 2013).

De toda la producción minera, las empresas con capital mexicano abarcan 60% y está constituido principalmente por Grupo México, Peñoles y Frisco; las de capital extranjero 40%. La producción mexicana se centra principalmente en cobre, plata, oro y zinc, y la extranjera en oro-plata y polimetálicos (SE, 2012a). La Secretaría de Economía informó que a fines de 2013 había un total de 870 proyectos pertenecientes a 266 empresas extranjeras, de las cuales, el 70% tiene sus oficinas en Canadá, 17% en Estados Unidos, 3% en China, 2% en Japón y el resto está repartido por 12 países más. La mayor parte de los proyectos se concentran en los estados que comparten la Sierra Madre Occidental: Sonora, Chihuahua, Durango y Sinaloa (SGM, 2014), el 78% se encuentra en fase de exploración, 4% en desarrollo, 10% en explotación y el resto están suspendidos.

Los aspectos más importantes que han favorecido la proliferación de la minería en México en años recientes han sido por un lado, un favorecedor marco legislativo y administrativo para las empresas: impuestos bajos, concesiones por 50 años fácilmente prorrogables y sin límites en su extensión. Las empresas pueden constituirse con capital 100% extranjero; otorgan derechos para cualquier mineral (excepto elementos radioactivos). Finalmente como un factor externo, la alta cotización de los metales preciosos en el mercado internacional, especialmente del oro, los cuales constituyen los principales “*targets*” de la minería actual (SE, 2012a).

De acuerdo con información del Servicio Geológico Mexicano, el país tiene localizados 23 yacimientos clasificados como gigantes (de clase mundial) y seis más etiquetados como súper-gigantes. Por esta razón y considerando factores económicos, políticos, sociales, corrupción, estabilidad financiera y régimen fiscal, México ocupó el 5to lugar, como mejor destino para invertir en proyectos mineros (Metals Economics Group, 2012).

Los principales minerales metálicos tuvieron un pico de máxima cotización en 1979-1980 y uno más en el 2011; y aunque a la fecha van en descenso, aún mantienen precios altos. El oro tocó un mínimo en 2001 de 260 dólares por onza (World Bank, en portal web IndexMundi) y ahí empezó su vertiginoso ascenso hasta alcanzar 1,895 dlls/oz en septiembre de 2011, y posteriormente descendió hasta los 1,081 dlls/oz en Diciembre de 2015 (precios máximos). Una situación similar ha ocurrido con la plata, cuyo ascenso empezó en 2003, llegó a los 48.7 dlls/oz en 2011 y después descendió hasta los 14.5 dlls/oz en Diciembre de 2015 (precios máximos). Aunque el cobre no ha tenido cambios tan abruptos también alcanzó el máximo en 2011 con 10,147 dlls/ton ha disminuido hasta alcanzar los 4,722 en Diciembre de 2015 (precios máximos) (Precios Históricos, portal web SGM).

2.3. Concesiones mineras y regalías

Durante los sexenios presidenciales 2000-2012, fueron concesionadas 51,994,312.7 hectáreas, un 26.3% del territorio nacional (26,043 títulos de concesión) para la exploración y explotación mineras (Ramírez, 2012). El Sistema Integral de Administración Minera hasta el 2014, registraba más de 29,000 concesiones vigentes.

El poseedor de una concesión que ampare un lote minero tiene, entre otros, los derechos a realizar obras y trabajos de exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias que se obtengan en el mismo. Así como disponer de los productos minerales o sustancias obtenidas y de los terrenos ubicados dentro de la superficie que amparen; aprovechar las aguas provenientes del laboreo de la mina y transmitir la titularidad o los derechos de la misma. Además obtener la expropiación, ocupación temporal o constitución de servidumbre superficial o subterránea de los terrenos indispensables para llevar a cabo las obras e incluso obtener el permiso de la Secretaría de Energía para la recuperación y aprovechamiento de gas asociado a los yacimientos de carbón mineral. Mismos que pueden ser para el autoconsumo o para la entrega a Petróleos Mexicanos (artículo 19 de la Ley Minera, DOF-26/06/06), derechos sobre los cuales no está obligado a pagar prácticamente ninguna otra retribución al Estado (ASF, 2010).

Según la Auditoría Superior de la Federación (ASF, 2010) el importe de las cuotas que se pagan actualmente sobre las concesiones mineras es simbólico (pago único máximo de \$ 160 mil pesos M.N. por concesiones menores a 50,000 h; Ley Federal de Derechos, Art. 63). Lo que contrasta con los volúmenes extraídos de recursos minerales no renovables, ya que el valor de éstos está por arriba de los derechos por concesión que cobra el Estado (cobro inicial). La ASF (2013) observó en el periodo 2008 a 2013 los ingresos por derechos sobre la actividad minera corresponden a un monto acumulado tan sólo de 0.6% del valor de la producción minera total en ese lapso. Y en cuanto a la recaudación de

derechos de concesiones mineras en el mismo periodo, el total del monto acumulado fue de 68.4% respecto de la recaudación estimada. Se verificó que el Sistema Integral de Administración Minera no emite reportes actualizados, lo cual impide arrojar datos útiles confiables y oportunos sobre el cumplimiento del pago de derechos.

En 2014 fueron aprobados nuevos impuestos mineros, el 7.5% sobre las ganancias netas, el cual se reparte 20% a la federación y 80% a los municipios y estados mineros; 0.5% a metales preciosos (oro, plata y platino); y rentas extra para las concesiones con más de dos años de inactividad (exploración o explotación) (DOF-25/09/14). Aún así, México está muy por debajo de la recaudación que se realiza en otros países latinoamericanos por la actividad minera, como Ecuador, Perú, Chile, El Salvador y Guatemala. Por ejemplo en Chile el impuesto a la renta es de 17% para domiciliados en Chile, 35% los no domiciliados y 42% para los que tienen convenio de estabilidad tributaria, además de una tasa de IVA de 19% (Ramírez, 2014).

2.4. Residuos mineros y sus impactos ambientales

La aplicación de las nuevas tecnologías ha permitido a la minería explotar depósitos superficiales, los cuales son minados a tajo abierto, con equipos de alta productividad y la incorporación de la lixiviación en pilas, tecnología metalúrgica que tiene costos más bajos. Estos cambios tecnológicos han hecho rentable el minado de depósitos de leyes bajas y la aparición de operaciones de gran producción. El desarrollo de operaciones con estas tecnologías ha determinado que las operaciones en minas subterráneas inicien una tendencia decreciente, no sólo debido a los altos costos que su explotación demanda, sino al agotamiento de los mismos (Ruiz, 2004).

Debido a que la extracción de minerales del subsuelo involucra separar la mena (mineral) de la ganga (el sedimento de acompañamiento no deseado), el proceso involucra la generación de desecho que puede ser mayor al mineral

objetivo. Los desechos mineros provienen básicamente de las etapas: 1) extracción, 2) procesamiento o beneficio y 3) metalurgia (Lottermoser, 2010).

Los residuos de la extracción incluyen las rocas de desecho de la excavación, extraídas de operaciones superficiales y subterráneas, llamada también tepetate, roca estéril, el cual es esencialmente material de la pared de roca eliminado para acceder al mineral de la mina. Este desecho es el más abundante, especialmente hablando de la minería metálica y carbonífera el cual es acumulado en montones en el sitio de la concesión minera. Las características físicas y químicas de los residuos mineros varían de acuerdo a su mineralogía y geoquímica, tipo de equipos de minería, el tamaño de partícula del material extraído, y el contenido de humedad (Lottermoser, 2010).

El procesamiento de los minerales pueden ser: lavado del mineral; recuperación por gravedad, magnética, eléctrica o clasificación óptica; y la adición de productos químicos de proceso a de mineral triturado y tamaño con el fin de ayudar a la separación de los minerales de la ganga durante la flotación. Como resultado se producen desechos de procesamiento como relaves, lodos y aguas residuales. Luego del procesamiento, en la minería metálica se obtienen productos intermedios llamados “concentrados” que aún tienen pasar por la metalurgia para una mayor depuración, la cual se divide en hidrometalurgia (la más utilizada e.g. Au, U, Al, Cu, Zn, Ni, P), pirometalurgia (e.g. Cu, Zn, Ni, Pb, Sn, Fe) y electrometalurgia (e.g. Al, Zn) (Ripley *et al.*, 1996; Warhurst, 2000).

La hidrometalurgia implica el uso de solventes para disolver el elemento de interés. Por ejemplo, la extracción del oro por medio de lixiviación del mineral con una solución de cianuro es un proceso hidrometalúrgico común. El producto químico disuelve las partículas de oro, produciendo una solución con oro diluido que luego se procesa para recuperar el metal. La pirometalurgia se basa en la descomposición de la estructura cristalina del mineral de mineral por el calor mientras que electrometalurgia utiliza electricidad. Estos procesos metalúrgicos destruyen la combinación química de los elementos y resultan en la producción de diversos productos de desecho incluyendo emisiones a la atmósfera, polvo,

escorias, productos de tostado, aguas residuales y el mineral lixiviado (Lottermoser, 2010).

En muchas minas de oro, uranio o fosfato se realiza la extracción hidrometalúrgica, y los desechos se acumulan en el sitio. En contraste, los otros dos procesos y sus residuos se utilizan en menor grado en las minas modernas, a menos que haya combustible costeable y energía fácilmente disponible para su procesamiento. En muchas minas históricas, el mineral se fundía o se tostaba con el fin de eliminar el azufre y para producir un producto más comercializable. En consecuencia, con frecuencia se localizan desechos del tostado de minerales como escorias, cenizas y polvo de combustión en sitios mineros antiguos.

La raíz de las enormes cantidades de residuos de la minería metálica está en que más de 99,5% del material extraído para producir cobre, por ejemplo, se rechaza como los residuos durante el proceso. La mina promedio del metal canadiense rechaza el 42% de la material extraído inmediatamente como roca estéril, otro 52% como relaves y un 4% adicional de la fundición como escoria. El 2% restante comprende el intervalo de aprovechamiento del mineral (Ripley *et al.*, 1996). El procesamiento general, los desechos y amenazas potenciales de la minería metálica se describen en la Figura 1.

La extracción, procesamiento y metalurgia de los minerales requieren de grandes cantidades de agua. El agua es utilizada principalmente para suprimir la generación de polvo, para el lavado de carbón, durante la molienda del mineral, la flotación y la extracción hidrometalúrgica. Aunque se reutiliza, en alguna etapa de la operación minera, el agua no será requerida y no tendrá valor en la operación. Su descarga, flujo, drenaje y filtración incontrolados desde el sitio minero está asociada a altas temperaturas, sólidos suspendidos, bases, ácidos, sólidos disueltos, incluyendo químicos del procesamiento, metales, metaloides, sustancias radiactivas y/o sales. Esto puede ocasionar un pronunciado impacto negativo en el ambiente circundante. Además del agua del procesamiento, el agua del subsuelo y la de lluvia sufren modificaciones en su composición al entrar en contacto con las operaciones mineras (Lottermoser, 2010).

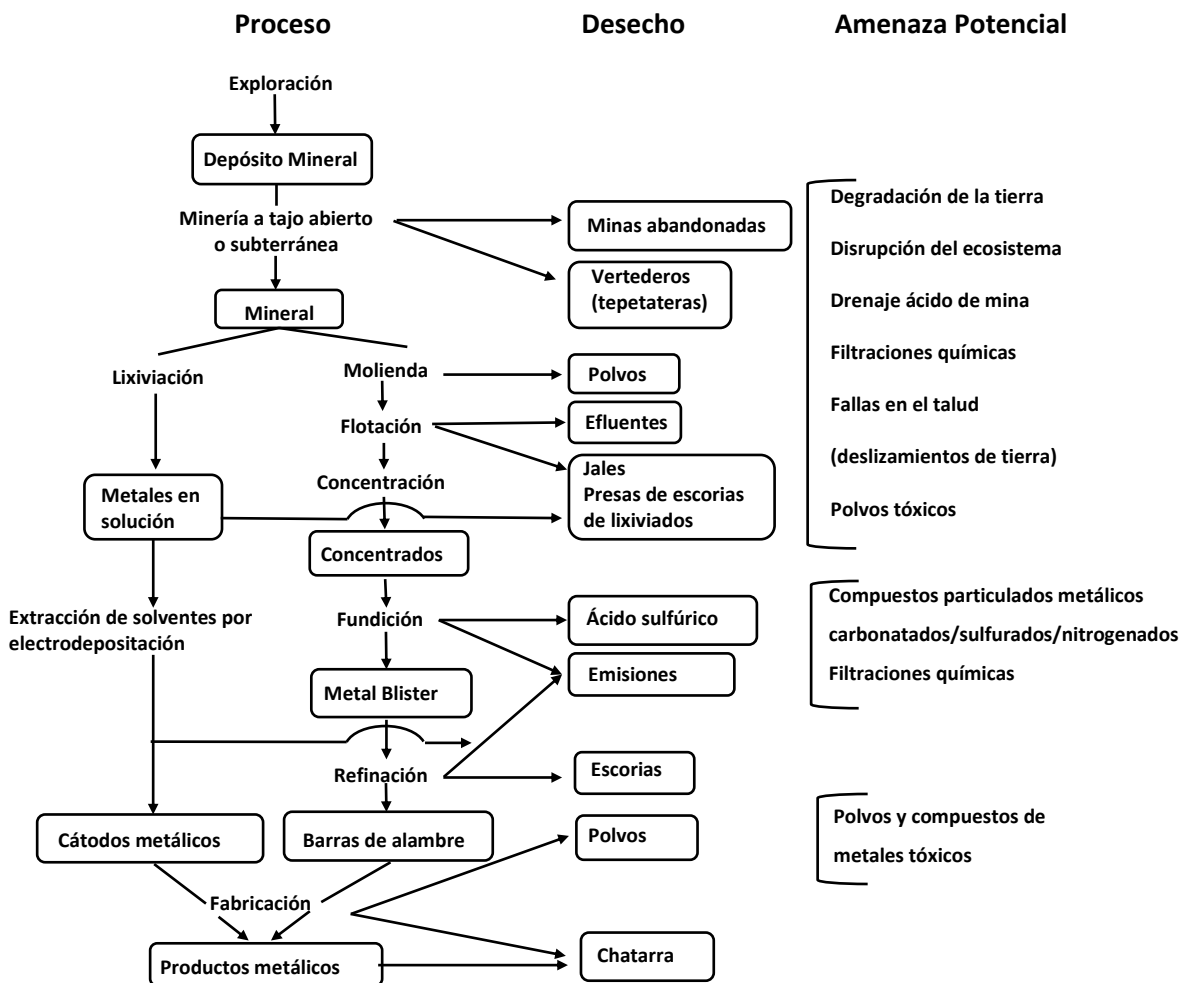


Figura 1. Procesos, residuos y amenazas potenciales de la minería metálica (Warhurst, 1994; en Bridge, 2004).

Los impactos más importantes relacionados al agua es el desabasto regional (desección de manantiales y cuerpos de agua) debido al alto consumo de los procesos, ocasionando el encarecimiento; así como la contaminación del agua proveniente de los jales, de los desperdicios de los laboratorios, desperdicios humanos, de las enormes cantidades de explosivos (nitrato y amonio, tóxico para los peces), gasolina y diésel, drenajes alcalinos y ácidos (Moran, 2010).

Otro impacto ambiental relacionado al agua que ocurre especialmente en la minería metálica y la de carbón, es el drenaje ácido. Podría decirse que el drenaje ácido es el problema ambiental más serio que enfrenta la minería industrial y su más grande desventaja (Nat. Resour. Can., 2004). El Drenaje Ácido de Minas (DAM) un proceso en el que se produce agua con un pH bajo debido inicialmente a la oxidación de sulfuros presentes en la mena o en la ganga del mineral. Las corrientes ácidas que drenan dichos minerales y rocas pueden contener altos niveles de metales y metaloides (típicamente As, Cd, Cu, Hg, Pb, Al y Zn) que superan los estándares de calidad de agua y resultar en efectos tóxicos para la vida acuática. Se utiliza el término DAM para distinguirlo del Drenaje Ácido de Rocas (DAR) que ocurre naturalmente por el mismo proceso pero sin la intervención minera (Eppinger *et al.*, 2007; Furniss *et al.*, 1999; Graham y Kelly 2009; Kwong *et al.*, 2009; Munk *et al.*, 2002; Posey *et al.*, 2000; Verplanck *et al.*, 2009). Sin embargo, las situaciones en las que ocurre el DAR son raras en comparación con aquellas donde la minería ha sido directamente responsable de la acidificación de las aguas (Lottermoser, 2010).

El Servicio Forestal de EU estima que entre 8,000 y 16,000 km de los ríos de EUA son objeto de drenaje ácido y la Agencia de Protección Ambiental establece que la minería ha contaminado el 40% de las cuencas hidrográficas de los estados del Este (EPA, 2000, 2004).

En varios sitios de países desarrollados se ha contado con plantas de tratamiento de agua que operan después del cierre de una mina para corregir el drenaje ácido y otros problemas de calidad del agua, incluso anticipándose para funcionar durante décadas después del cierre o a perpetuidad. Esta puede ser la actividad ambiental más costosa asociada a la minería (Moran, 2000).

Ya que la minería utiliza agua en varios de sus procesos, asegurar disponibilidad es necesario para la producción mineral. Alrededor de dos terceras partes del agua se obtiene de mantos freáticos y el resto de aguas superficiales (Delgado, 2010). En EUA, el coeficiente de uso de agua por tonelada de mineral crudo extraído varía entre 530 y 5,931 litros para el caso de la minería metálica;

entre 189.3 a 223.3 litros para el caso del carbón; y de entre 113.5 y 3,773.6 litros para el caso de minerales no metálicos (excepto minerales energéticos) (USGS, 2009, en Delgado, 2010).

En Australia se considera que la minería tiene el índice de uso de agua más intensivo de toda la industria extractiva del país; un sector que en total emite 80% de sus desechos al agua (la minería de hierro, cobre, carbón, plata, plomo y zinc son los que más contribuyen en este sentido). La minería metálica contribuyó en 2006-2007 con el 13% de las emisiones de sustancias a nivel nacional, la manufactura de metales no ferrosos básicos con el 10.5% y la manufactura de metales ferrosos básicos con el 8%, que son las tres industrias más contaminantes. La contaminación de tierra con plomo se atribuye al sector minero en un 84% para ese mismo periodo. La contaminación con mercurio corresponde para tales años en un 10% a la minería de metales y en un 65% a la manufactura de metales no ferrosos (Gobierno de Australia, 2008; en Delgado, 2010).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) reporta para el 2011 que la minería metálica fue la industria más contaminante de este país, con el 46% de los desechos totales. Si se suman los desechos arrojados por la industria de fundición y refinamiento de la minería metálica, el porcentaje se eleva hasta el 55%. Sólo el 0.7% de los desechos de la minería metálica fueron tratados o remediados y finalmente fueron depositados en el medio ambiente 859,194.6 toneladas (EPA, 2011, 2012).

En México, existe el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), el cual inicia desde 2006 por obligatoriedad de la LGEEPA (Art. 109 bis). Entre las industrias consideradas en las evaluaciones no está la minería, sólo la industria metalúrgica (que incluye siderúrgica), es decir son las emisiones de la fundición, refinación, aleación de metales. Sólo se cuenta con dos informes integrales a la fecha (2004, 2005 y uno parcial de 2013 que no se consideró), la industria metalúrgica por mucho, es la principal industria que transfiere metales al ambiente, en su disposición final se descargaron 734.5 t

(188 empresas) y 43,444 t (289 empresas), respectivamente. La principal aportación la hacen el plomo y el arsénico (Semarnat 2008a; Semarnat 2008b).

Los residuos tóxicos de la minería se vierten en aire, suelo y agua habitualmente, como lo confirman los informes ambientales de países con amplia producción minera con como Australia y EUA. Pero por otro lado los accidentes en las presas de jales o relaves mineros, como lo ha demostrado la historia, no son excepcionales. Según el análisis de Azam y Li (2010) encontraron 198 accidentes a nivel mundial de 1910 a 1999 y 20 de 2000-2009.

En México, la prensa nacional ha reportado numerosos casos de derrames, rompimiento de diques de jales, volcadura de camiones contenedores de sustancias peligrosas y contaminación de ríos por efecto de minas abandonadas en los últimos años, siendo el derrame de jales de Buenavista del Cobre al Río Sonora en 2014, el más notable de todos (Cisneros, 2014). La misma Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) informó que tan sólo durante 2013-2015 se atendieron 44 emergencias ocasionadas por actividades mineras (Profepa, 2015).

El titular de la Profepa indicó que al mes de enero de 2016 se habían inspeccionado 1,130 instalaciones mineras legales que operan en México, 71 fueron clausuradas por incumplimiento de sus obligaciones ambientales (61 con carácter total temporal y 10 de manera parcial temporal) así como la aplicación de multas por un total de 44.29 millones de pesos. Afirmó que en 658 se encontraron irregularidades menores de carácter administrativo y solamente en 401 instalaciones no se detectaron irregularidades (Profepa, 2016). Un año atrás, la misma entidad afirmaba haber inspeccionado 349 instalaciones durante 2014 y pretendían lograr la inspección total en 2015 (La Jornada, 2014) por lo que tuvieron que triplicar esfuerzos para cubrir a todas las instalaciones.

En el análisis de Azam y Li (2010), se encontró que la lluvia inusual ocasionó el 40% en el periodo 2000-2009 y 25% durante 1910-1999, lo cual puede atribuirse en parte al cambio climático y en parte a que estuvieron ubicadas en zonas cercanas a mares y/o en regiones ecuatoriales. Otra causa importante

es un manejo incorrecto que alcanzó el 30% en 2000-2009 y 10% en 1910-1999 (Azam y Li, 2010). De acuerdo con Rico *et al.* (2008) esto es debido a procesos inadecuados de construcción, mantenimiento inadecuado de las estructuras de drenaje y/o insuficiencia de los programas de seguimiento a largo plazo (después del cierre). Las consecuencias suelen ser catastróficas, principalmente por la contaminación ambiental y la pérdida de vidas. La frecuencia de este tipo de accidentes recientemente se ha desplazado de forma geográfica de los países desarrollados a los países en desarrollo (Azam y Li, 2010).

2.5. Distribución ambiental de metales y metaloides a partir de los desechos mineros.

La actividad minera se cuenta entre las actividades antropogénicas con mayor generación de contaminantes ambientales (Barrie *et al.*, 1992; Lacerda, 1997; Ritter *et al.*, 2002; Volkamer *et al.*, 2006). Las principales vías de transporte o vectores de los contaminantes en el medio ambiente son: suelos aire, agua y biota.

a) Suelos.

Aunque la mayoría de los procesos de transporte en el suelo son inherentemente lentos y limitados en extensión espacial (Weber *et al.*, 1991; Sheppard, 2005), en tiempos suficientemente largos, pueden ser transportados por el suelo grandes cantidades de contaminantes, dando lugar a elevados riesgos para la salud humana y el medio ambiente local (Csavina *et al.*, 2012).

En México se identificaron en todo el país, 59 sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos en 1997, para 1999 ya eran 105 sitios. Los residuos peligrosos más comunes fueron los metales pesados (61 sitios), siendo el plomo el más abundante. Dos de los contaminantes más frecuentes en las zonas mineras del país son el As y el Pb, además del Cd en algunas de ellas. Estos elementos potencialmente tóxicos (EPT), comúnmente se encuentran en residuos como jales mineros y escorias de fundición, cuyo volumen supera las 80,000 t (en donde se ha calculado el volumen) (Semarnat 2004; en Volke-

Sepúlveda *et al.*, 2005). Los EPT más comunes derivados de los procesos mineros, en el caso de México, son Pb, Cd, Zn, As, Se y Hg (Gutiérrez y Moreno 1997, Volke-Sepúlveda *et al.*, 2005).

Para 2015, la lista incluyó 635 sitios contaminados en la lista (Semarnat, 2015). La actividad económica que más sitios generó es la minería (13%); seguida de la industria (11%) y la extracción de petróleo y sus derivados (3.4%) (Mendoza, 2015).

b) Aire.

Las partículas atmosféricas tienen el mayor potencial para el transporte rápido de contaminantes (horas o días) a través del medio ambiente, ya que las masas de aire se mueven a mayor velocidad que las aguas superficiales, las aguas subterráneas, y la mayoría de los vectores biológicos. Por otro lado, también pueden desempeñar una función importante en el transporte de contaminantes durante períodos de tiempo más largos (años a décadas) y en escalas espaciales pequeñas (metros a kilómetros).

Las actividades mineras generan emisiones atmosféricas de partículas gruesas a partir de la trituración/ molienda y de la erosión de los jales mineros, y de partículas finas se generan por la fundición y de los vertederos de escorias de fundición. Las partículas atmosféricas suspendidas (por lo general en el rango de tamaño de partículas $<60 \mu\text{m}$), que incluyen aerosoles y polvo, pueden jugar un papel importante en el transporte de los contaminantes ambientales, en particular los que tienen baja volatilidad, baja solubilidad acuosa y permanecen unidas a las partículas del suelo (Csavina *et al.*, 2012).

Por otra parte, los contaminantes comúnmente asociados (As, Cd y Pb) a las partículas emitidas por operaciones mineras (especialmente de la fundición y refinación) están generalmente concentrados en la fracción de tamaño de partícula más fina ($<2 \mu\text{m}$ y $<1 \mu\text{m}$) que viaja a mayor distancia en el medio ambiente y plantea mayores riesgos potenciales para la salud humana que las partículas más gruesas (Corriveau *et al.*, 2011; Csavina *et al.*, 2011; Ravi *et al.*, 2011). El peligro de las partículas finas está en son inhaladas y depositadas en

los pulmones en lugar de la boca y la nariz, luego se transportan por la corriente sanguínea, por lo que hay una alta dosis asociada a ellas. Las partículas gruesas al depositarse en boca y nariz, pueden absorberse por el sistema digestivo y se asocian a dosis más bajas. Además las partículas finas al tener mayor superficie relativa, se traduce en mayores tasas de disolución y por tanto, mayor biodisponibilidad (Corriveau *et al.*, 2011; Csavina *et al.*, 2012).

Se ha estimado que aproximadamente el 60% del total de arsénico (As) atmosférico se origina inicialmente como un contaminante puntual de las operaciones mineras que posteriormente se transporta y se dispersa en todo el mundo por las partículas atmosféricas (Chilvers y Peterson, 1987, en Csavina *et al.*, 2012). Por otro lado, se ha estimado que el 40% del total de las emisiones atmosféricas de As, surgen de las operaciones de fundición (Alloway y Ayres, 1997). Este mecanismo es un problema subestimado y poco estudiado, especialmente con respecto a otras vías de transporte (principalmente agua en el caso de As). La extracción minera y la fundición son los principales contribuyentes de las emisiones antropogénicas al planeta para la mayoría de los metales, responsables de un 67%, 65% y 55% de las emisiones antropogénicas de cobre, arsénico y zinc, respectivamente (Bridge, 2004).

Un aspecto a considerar a futuro son las previsiones de que el clima se haga más cálido y seco, y que la población y la intensidad del uso del suelo incrementen en las regiones áridas y semiáridas de todo el mundo (IPCC, 2007; Csavina *et al.*, 2012). El potencial para la emisión de partículas atmosféricas y transporte de contaminantes asociados a partir de fuentes naturales y antropogénicas es probable que aumente en muchas partes del mundo. En México, el 59% del territorio sufre de desertificación y el 54% sufre de degradación de la cubierta vegetal con grados de ligeros a extremos (Conafor, 2015)

c) Agua

El transporte de contaminantes por el agua y los sedimentos en los sistemas terrestres suele estar confinado en la extensión espacial de los límites

de las cuencas hidrográficas, y la mayoría de los contaminantes y los riesgos asociados se concentran generalmente en las zonas ribereñas, los sistemas acuáticos y las aguas subterráneas poco profundas (Kolpin *et al.*, 1998; en Csavina, 2012).

Después de 125 años de explotación de una mina de cobre, al oeste de Montana se localiza uno de los sitios considerados altamente contaminados (*Superfund*) por el gobierno de EUA, en donde se han realizado programas de remediación. Un total de 1,600 km en la Cuenca del Río Clark Fork fueron contaminados principalmente por procesos fluviales. Los desechos depositados cerca de la mina, fueron transportados y re-distribuidos por el curso de ríos, aguas subterráneas, suelos y aire, identificando contaminación secundaria y terciaria (Fig. 2). Fueron identificados sitios a 400 km de distancia de la antigua mina con niveles de contaminación 10 veces más altos que la habitual (Moore y Luoma, 1990).

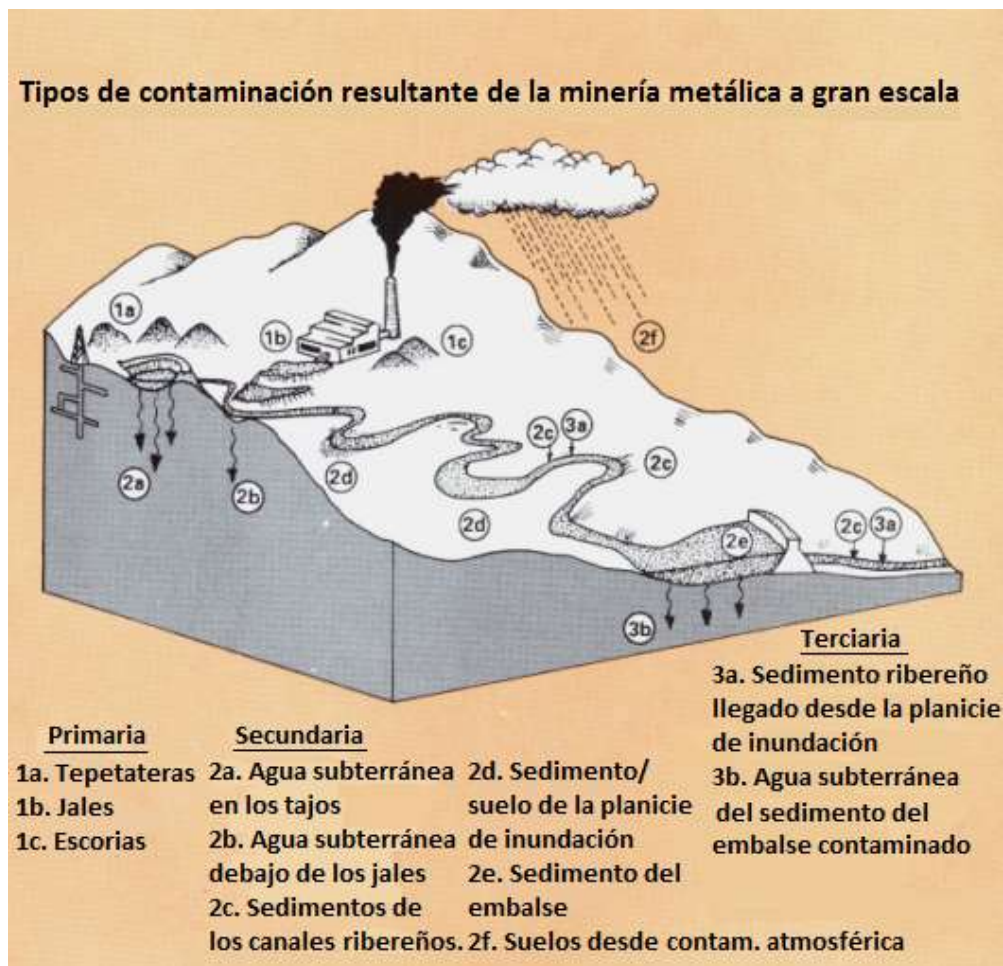


Figura 2. Tipos de contaminación resultante de la minería metálica a gran escala por vía fluvial y atmosférica (Moore y Luoma, 1990).

d) Biota

El transporte de contaminantes por vectores biológicos (biota) está generalmente menos confinado por barreras topográficas que los procesos de transporte en el suelo, por lo que tiene un mayor potencial para redistribuir los contaminantes en escalas espaciales más allá del entorno local (Arthur y Markham, 1982; Hope, 1993; Braune *et al.*, 2005). Aunque el transporte de contaminantes puede ser más lento, ya que requiere de la metabolización de los contaminantes y su posible transferencia por la red trófica, estos pueden ser extendidos a redes tróficas de áreas remotas gracias a los movimientos

migratorios y a la contaminación secundaria y terciaria encontrada por *e.g.* Moore y Luoma (1990).

En la transferencia de posibles contaminantes a la biota intervienen varios fenómenos fisicoquímicos y fisiológicos con muchas variables que son temas del área de la Toxicología. Los elementos que se han liberado al ambiente por las actividades mineras (u alguna otra) pueden estar o no, disponibles a entrar en las redes tróficas. Su biodisponibilidad depende de las formas químicas en las que se encuentren estos elementos (especiación química). Los factores que influyen en la especiación de los metales en agua dulce incluyen: (1) la fuerza iónica del medio, (2) dureza del agua, (3) la presencia de materia orgánica, (4) pH, (5) potencial redox y (6) el estado de valencia. La acción combinada de todos estos factores podría favorecer la formación de especies metálicas diferentes, dando como resultado un metal tóxico con una biodisponibilidad superior o inferior (Bjerregaard y Anderson, 2007).

Otros factores son importantes en el curso metabólico que sigan estos elementos en un organismo. Existen elementos que son estructuralmente importantes y se mantienen en niveles estables internamente; mientras que los que se necesitan en pequeñas cantidades (traza) y los que no tienen funciones metabólicas, pueden acumularse luego de la ingestión (Pokarzhevskii y Van Straalen, 1996).

Elementos como As, Ag, Sb, Cd, Hg, Pb y U, no tienen importancia biológica significativa como elementos traza y por ello se consideran tóxicos (Nies, 1999). Algunos de estos funcionan como “venenos” metabólicos, al reaccionar e inhibir sistemas enzimáticos; algunos iones de estos elementos (Hg^{2+} , Cd^{2+} y Ag^+) forman complejos tóxicos inespecíficos en la célula, lo que produce efectos tóxicos para cualquier función biológica. Los cationes metálicos divalentes (Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+}), debido a su semejanza estructural y de carga, pueden desplazar a otros con funciones fisiológicas importantes en la célula, lo cual provoca desórdenes funcionales. Elementos como el Hg, As, Sn, Tl y Pb, pueden formar iones órgano-metálicos liposolubles capaces de penetrar

membranas y acumularse en las células. Aún elementos sin propiedades tóxicas en baja concentración, como Zn^{2+} o Ni^{2+} y especialmente Cu^{2+} , son tóxicos en concentraciones mayores (Nies, 1999; Csuros y Csuros, 2002). Debido a que una vez dentro de la célula, la toxicidad es variable, y debido a la importancia ambiental y toxicológica, se denomina a todos como Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) (Volke *et al.*, 2005).

En los sistemas acuáticos la ingestión de metales, metaloides y compuestos químicos orgánicos puede hacerse por difusión pasiva a través de superficies corporales y branquias (bioconcentración), lo cual excluye a mamíferos, aves y reptiles; en sistemas acuáticos y terrestres, estos compuestos son ingeridos por el alimento contaminado, que puede acumularse si la eficiencia de asimilación es alta y la eficiencia de eliminación es baja (bioacumulación). La biomagnificación, que es el incremento en la concentración al pasar a otro nivel trófico, se ha comprobado con mayor consistencia en compuestos orgánicos lipofílicos como el metil-mercurio (Gray, 2002; Hall, 2002a).

Debido a la bioconcentración, los sistemas acuáticos de agua dulce son los más vulnerables ante la emisión de grandes cantidades de EPT que son emitidos por la industria minera, y por lo cual suelen reportarse mortandad y enfermedades en peces e invertebrados (Moore y Luoma, 1990; Burgoin, 2001; Soucek *et al.*, 2000, 2003; Lefcort *et al.*, 2010; Palmer *et al.*, 2010); pero también por afectaciones por bioacumulación o intoxicación aguda en fauna terrestre silvestre (Henny *et al.*, 1994) o doméstica que ingiere agua de cuerpos contaminados (Moore y Luoma, 1990). Nordstrom y Alpers (1999; en Jennins *et al.*, 2008) reportan que millones, tal vez billones de peces murieron en Estados Unidos por actividades mineras en el s. XX.

Consecuentemente, la contaminación se extiende a las comunidades humanas, especialmente establecidas frente a cuerpos de agua. El río Beni en Bolivia es uno de los casos más críticos de contaminación de agua, sedimentos y peces por mercurio y otros metales pesados que afectan también comunidades indígenas y ribereñas. Estas actividades vienen desarrollándose desde la década

de los años 70s, con mayor énfasis en los últimos 20 años (Burgoin, 2001; en RAISG, 2012).

En organismos vegetales, ocurren procesos fisiológicos variables en presencia de elementos potencialmente tóxicos. La tolerancia frecuentemente encontrada en ellos, puede definirse como el resultado de un proceso evolutivo que confiere a distintas especies la capacidad de crecer y desarrollarse en ambientes con concentraciones elevadas de elementos potencialmente tóxicos (Hall, 2002b). Las tres estrategias básicas de las plantas para establecerse en suelos con niveles tóxicos de metales son: (1) exclusión: consiste en una limitada acumulación de metales en las partes aéreas de las plantas e involucra una acumulación preferente en el sistema radical; (2) indicadoras: las plantas acumulan metales en sus tejidos que generalmente reflejan los niveles de metales presentes en el suelo; y (3) hiperacumulación: son capaces de acumular altas concentraciones de metales en sus tejidos, principalmente en las partes aéreas (Baker, 1981; Baker y Walker, 1990; Vogel-Mikuš *et al.*, 2006 en González-Mendoza y Zapata-Pérez, 2008).

Hall (2002b) divide los posibles mecanismos de tolerancia en las siguientes formas: (1) Mecanismos externos de tolerancia: hongos micorrizógenos (intracelulares), que habitan las raíces del 80% de las plantas, y ectomicorrízicos (o externos). (2) Mecanismos internos de tolerancia: (a) enlace a la pared celular y exudados radicales, (b) quelación de los metales por diversos ligandos en el citosol (fitoquelatinas, metalotioneinas y aminoácidos), (c) presencia de proteínas de estrés térmico, y (d) acumulación en la vacuola.

A pesar de que los mecanismos de tolerancia de las plantas contribuyen a la supervivencia de las especies, se produce la transferencia de metales y metaloides a la cadena trófica (especialmente en las acumuladoras), pero además tiene otros impactos fisiológicos. Athar y Ahmad (2002) encontraron que los metales en los suelos provocan una reducción significativa en el crecimiento de las plantas y el rendimiento de grano de trigo, siendo el Cd, el metal más tóxico seguido de Cu, Ni, Zn, Pb y Cr. Del mismo modo, Ryser y Sauder (2006)

encontraron una disminución en la producción de hojas y masa vegetal, correlacionado a altos niveles de contaminantes. Bi *et al.* (2009) observaron concentraciones elevadas de Pb y Cd en plantas de maíz afectadas por las emisiones de una fundición de metales. Esto como es de esperarse, tiene impactos en la alimentación humana y en las actividades económicas que derivan de ello.

2.6. Biodiversidad y Áreas Naturales Protegidas en México

México es el país con mayor diversidad ecológica de América Latina y el Caribe, en cuanto a ecosistemas, hábitat y ecorregiones (Dinerstein *et al.*, 1995). Casi 2,500 especies se encuentran protegidas por la legislación y cientos de ellas se utilizan en artesanía o con fines cinegéticos u ornamentales (Conabio, 2008). El país además, ha sido ubicado entre las 10 naciones bioculturalmente más ricas del planeta y es considerado como uno de los principales centros de diversificación a escala mundial (Boada y Toledo, 2003).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) han sido implementadas como una estrategia global de planeación en el uso de la tierra en los últimos 50 años, las cuales cubren el 15.4% de la superficie terrestre y 3.4% de la superficie marina; el objetivo es lograr una cobertura al menos del 17% de las áreas terrestres del mundo y 10 por ciento de las áreas marinas para el año 2020 (UNEP, 2014). En México, la consolidación del sistema de ANP se hizo a principios de la década de 1990 como compromiso asumido en la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible organizado por la ONU en Río de Janeiro (Conanp, 2011). Desde entonces, las ANP constituyen la principal herramienta de conservación de la biodiversidad por parte del Estado, por lo que son superficies que gozan de la mayor certeza jurídica en cuanto a su protección y manejo, establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

Durante las cinco primeras décadas del siglo XX, la principal motivación para proteger los ecosistemas naturales, particularmente los forestales, fue su

estrecha relación con el ciclo hidrológico. Se utilizaron diversas figuras jurídicas (zonas protectoras forestales, parques nacionales) que relacionaban la protección de los bosques con la necesidad de mantener los manantiales, los escurrimientos de arroyos y ríos y evitar la erosión. Al reconocer que el abastecimiento de agua a las ciudades está vinculado, en muchos casos, a las zonas boscosas aledañas, también se protegieron cuencas reconocidas como estratégicas para la recarga de importantes cuerpos de agua. Entre estas ANP además se encuentran los distritos nacionales de riego, en donde se establecieron vedas indefinidas (De la Maza, 1999; Carabias *et al.*, 2005).

En 1976 se implementan nuevas categorías: reservas de la biósfera, áreas de protección de flora y fauna y de los recursos naturales, cuyo fin principal objetivo ha sido proteger la biodiversidad de ecosistemas y especies y no el ciclo hidrológico como ocurrió en el periodo anterior. No obstante, estas ANP más recientes también cubren cuencas y humedales importantes (Carabias *et al.*, 2005).

Actualmente la superficie destinada a las Áreas Naturales Protegidas (12.92%) indica en cierta medida esta prioridad de la agenda nacional, pero no necesariamente indica el grado de efectividad con el que están siendo protegidos los ecosistemas y la biodiversidad del país (Urquiza, 2009). Figueroa y Sánchez-Cordero (2008) encontraron en un muestreo de 69 AP que en términos de la efectividad de las AP para evitar cambios en el uso de suelo, estos autores encontraron que el 54% fueron efectivas, 23% fueron poco efectivas y 23% nada efectivas.

En una evaluación posterior sobre huella humana en las ANP federales en relación a sus ecorregiones (González, 2015), de 109 ANP muestreadas se comprobó la efectividad de 59 de ellas en valores altos, correspondiente al mismo 54% de efectividad encontrado por Figueroa y Sánchez-Cordero (2008), otro 7% estarían conservadas en valores bajos (equiparable a “poco efectivas”), y otro 39% no fueron efectivas.

En la efectividad de protección de las ANP intervienen varios aspectos, entre los que destacan el respaldo social de los habitantes de la región, que cuenten con vigilancia adecuada, con un programa de manejo que contribuya a la planeación sus actividades y el financiamiento destinado a ello (Bezaury-Creel *et al.*, 2009).

El Programa de Manejo de un ANP, es el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para su manejo y administración (Art. 3 Reglamento en materia de ANP de la LGEEPA o RANP-LGEEPA). En dicho instrumento, se determina la Zonificación del ANP, que permite ordenar las actividades a realizarse en su territorio, en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de acuerdo a los objetivos de la misma declaratoria y de acuerdo a su categoría de manejo (Art. 3, Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, LGEEPA). Debido a lo anterior, se hace patente la necesidad de que cada ANP cuente con un programa. Sin embargo para enero de 2016, sólo el 58% de las ANP federales contaban con un programa de manejo (Conanp.gob.mx, 2016).

2.7. Minería y Áreas Naturales Protegidas

Es de esperarse que la minería pueda tener consecuencias definitivas en los ecosistemas mexicanos, ya sea por su endemismo, por albergar especies amenazadas o porque se trate de un ecosistema único o sensible del país. A escala global, el 75% de las minas activas y áreas en exploración se traslapan con áreas de alto valor en conservación y áreas de alto estrés hídrico, y que arriba del 25% de minas activas y sitios de exploración se traslapan o que están en dentro de un radio de 10 km de un área estrictamente protegida, y que cerca de un tercio de todas las minas activas y sitios de exploración están localizados dentro de ecosistemas intactos o de alto valor de conservación (WRI, 2004).

La Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada informa que el 21% de la Amazonía tiene intereses mineros (el 51% son

solicitudes). Las zonas mineras de diferentes tipos (solicitud, exploración, potencial, explotación) abarcan el 15% de las ANP de la Amazonía, de las cuales el 70% son solicitudes, el 20% están en exploración, el 7% son zonas con potencial de explotación y el 2% están en explotación (RAISG, 2012).

A partir de proyectos mineros contemplados en ANP de otras partes del mundo durante la década de 1990, llevaron a los miembros del Congreso Mundial de Conservación a proponer una recomendación en Amman, Jordania que dice que “la minería no deberá instalarse en áreas protegidas categorías I-IV” (en México equivaldría a: Zonas núcleo de Reservas de la Biósfera, Santuarios, Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Áreas de Protección de Flora y Fauna) (WCC, 2000). Aprobada por la mayoría de miembros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés, International Union for Conservation of Nature) y por gobiernos de distintos países, fue rechazada por el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y el gobierno de los Estados Unidos, argumentando que si bien en la mayoría de los casos las empresas no desean explotar áreas protegidas, preferían los enfoques basados en los principios del desarrollo sostenible a una prohibición general (IUCN, 2004).

Actualmente en la zona de amortiguamiento de la RB Sierra La Laguna una empresa de capital canadiense y mexicano (Vista Gold/Grupo Invecture) pretende instalar una mina a cielo abierto y de escala industrial. El programa de manejo de la reserva, permite el aprovechamiento de tipo minero en esta zona, de acuerdo a que en las inmediaciones de la reserva hubo producción minera a baja y mediana escala en el pasado. Grupo México pretende explotar cobre en el APFF Valle de los Cirios (Grupo México, 2014) y la mina de Cu-Mn-Zn-Co El Boleo inició operaciones en 2015 en la RB El Vizcaíno (con autorización ambiental desde 9 años atrás; Semarnat, 2006). Este hecho al parecer se está presentando en otras áreas naturales protegidas del país (como RB Manantlán, RB El Vizcaíno, RAB Mariposa Monarca, RAB El Triunfo, APFF Médanos de Samalayuca), según diversas fuentes de la prensa nacional.

2.8. Indicadores ambientales

La necesidad de disminuir gran cantidad de información científica sobre el ambiente a un número manejable de parámetros, apropiado para esos procesos de toma de decisiones y de información pública, ha propiciado la implementación de indicadores ambientales (Environmental Canada, 1996). Los indicadores son parámetros que proporcionan información y/o tendencias sobre las condiciones ambientales que permiten tener una medida de la efectividad de las políticas ambientales. Los indicadores revelan tendencias y llamar la atención sobre fenómenos o cambios en las variables que requieren futuro análisis y posibles acciones (Polanco, 2006).

El esquema de Presión-Estado-Respuesta (PER), basado en una lógica de causalidad, presupone relaciones de acción y respuesta entre la economía y el medio ambiente fue desarrollado por Friend y Rapport (Pino, 2001) a finales de los 80's, y adoptado y difundido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Los componentes del esquema PER se definen de la siguiente forma: Presión son actividades antropogénicas que impactan el medio; Estado es la condición en que se encuentra el medio, en cuanto a su grado de preservación o deterioro ambiental; y Respuesta son las medidas tomadas por la sociedad en su conjunto (pero especialmente el gobierno) para hacer frente a la problemática ambiental (INE-Semarnap, 1997).

Los indicadores de Presión describen las presiones ejercidas sobre el ambiente por las actividades humanas, como es el caso de las emisiones de gases a la atmósfera. Estos indicadores se clasifican en dos grupos: (a) en el primero se representa las presiones directas sobre el ambiente, ocasionadas por las actividades humanas, tales como el volumen de residuos generados, la emisión de contaminantes al aire, etc. (b) en el segundo, se representan las condiciones de las actividades productivas o actividades que generan la problemática. Esta segunda clase, proporciona elementos para pronosticar la evolución de la problemática y por la otra, ayuda a definir las acciones y/o

políticas en materia ambiental que deberán aplicarse para estos sectores causantes de la problemática (INE-Semarnap, 1997).

3. JUSTIFICACIÓN

Desde la popularización del concepto “desarrollo sostenible” en “Nuestro Futuro Común” en 1987, se plantea la búsqueda de un progreso económico que no descuide aspectos cualitativos, tales como la calidad de vida o la preservación del medio ambiente sin olvidar un compromiso ético con las generaciones venideras. Sin embargo, el concepto se emplea indiscriminadamente en el discurso de la política ambiental. En México se ha venido impulsando la actividad minera sobre todo en las últimas dos décadas, proponiéndola como importante motor de la economía nacional y ya que se ha observado una interacción con los esfuerzos de conservación de biodiversidad de ecosistemas y especies, consecuentes a los compromisos asumidos con el Convenio de la Biodiversidad desde 1992.

Esta situación puede ser preocupante, de acuerdo a que no se están considerando las variables de toda la gama de explotación minera y minimizando los altos impactos ambientales que puede generar la metálica minería industrial. Por otro lado, sólo la mitad de las ANP federales cuenta con programas de manejo publicados, lo que pone en duda los mecanismos de regulación de la minería moderna y áreas protegidas.

Ante este panorama de superposición de uso de suelo para conservación y el de extracción como medio de desarrollo económico en las ANP, es necesario evaluar la compatibilidad de estos dos enfoques y si no la hay, identificar cuáles son los puntos más urgentes a modificar en los instrumentos y políticas de manejo de las ANP. En este sentido, se contrastará la ubicación y superficie de las concesiones mineras en las ANP terrestres de la Península de B.C. con la

zonificación de los programas de manejo respectivos, así como con su permisividad y condicionantes ante la actividad minera.

4. OBJETIVOS

4. 1. Objetivo General:

Diagnosticar el estado actual y las perspectivas de las Áreas Naturales Protegidas federales en relación al traslape de concesiones mineras, con atención a las ANP ubicadas en la Península de Baja California.

4.2. Objetivos Particulares:

4.1.1. Estimar el porcentaje de traslape, número de concesiones y minerales a extraer en las ANP federales.

4.1.2. Elaborar un indicador para evaluar la cantidad de desechos potencialmente tóxicos de distintos proyectos mineros.

4.1.3. Identificar las ANP con mayor amenaza por posibles proyectos mineros y concesiones mineras.

4.1.4. Estimar el traslape de las concesiones mineras con la zonificación de las ANP de la Península de Baja California, considerando su permisividad en los programas de manejo.

4.1.5. Revisar y comparar la reglamentación propuesta hacia la actividad minera en los programas de manejo de las ANP de la península.

4.1.6. Proponer estrategias para elevar la protección ante la actividad minera en los programas de manejo y en el manejo general de las Áreas Naturales Protegidas.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Estimación del traslapo de Áreas Naturales Protegidas federales

Para calcular el porcentaje de traslapo, número de concesiones y minerales a extraer en las ANP federales y considerando que un polígono representa el perímetro de un área natural protegida o de una concesión minera, se emplearon los polígonos georreferenciados actualizados al 2013 de las Áreas Naturales Protegidas de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas y los polígonos georreferenciados de las concesiones mineras que otorga la Secretaría de Economía, por medio del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI), con información hasta el 2010 y que es vigente a la fecha. Con Arc View GIS 3.1 se calculó la superficie de ANP traslapada con concesiones mineras con 2 criterios de coincidencia:

1. Superposición de superficies de ANP y concesiones mineras.
2. Superposición de superficie de ANP y área de influencia de 10 km de concesiones mineras adyacentes.

Para calcular la superficie traslapada, se eliminaron concesiones canceladas revisando cada una con el SIG del Sistema Integral de Administración Minera (SIAM) de la Secretaría de Economía, disponible en línea en: <http://www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/#> y se fusionó la superficie de las concesiones de cada ANP, ya que muchas están sobrepuestas o duplicadas.

En el SIG de las concesiones se asignó a cada polígono de concesión minera su título de concesión minera correspondiente, para poder homologar la información de cada polígono con su título de concesión minera, y con ello a los minerales a extraer declarados en cada título. Después se elaboró una base de datos en Excel con esta información, donde se calculó el número y superposición de las concesiones mineras con cada ANP federal, con sus áreas de búfer de 10 km, así como los minerales a extraer.

5.2. Elaboración del indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM)

Como indicador ambiental, pretende sintetizar y facilitar la información clave de la explotación minera con base en parámetros que pueden ser consultados en los informes anuales, reportes técnicos y manifestaciones de impacto ambiental de los proyectos mineros y/o minas en operación. Con la intención de facilitar la toma de decisiones en esquemas de participación social, y que puede ser utilizado por ejemplo en la planeación territorial dentro y fuera de las ANP o en la evaluación de impacto ambiental por zonas, graduando el grado de amenaza de acuerdo a la cantidad y posible toxicidad de residuos. Se basa en los siguientes criterios:

- a) Valoración de los procesos de Extracción y Obtención (Beneficio) de los minerales de proyectos mineros y minas relacionados a ANP federales, de acuerdo a la posibilidad de generar desechos potencialmente tóxicos. Un mayor procesamiento (número de procesos) indica un mayor número de sustancias empleadas y generadas, las cuales se liberan al ambiente en distintas formas. Algunos procesos incrementan los posibles impactos ambientales de acuerdo al mineral que se explote, así como a sus elementos acompañantes.
 - a. La suma del valor de todos los procesos ajustados de acuerdo al mineral a extraer (considerando la posible toxicidad de los desechos).
 - b. La cantidad de desechos de la explotación minera, señalada por la concentración de los minerales en los yacimientos.
- b) La escala de la explotación, es un parámetro de la magnitud de todos los posibles impactos ambientales mencionados, de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la explotación minera.
- c) La zona de extracción respecto al subsuelo, valora la localización de los posibles impactos ambientales de acuerdo a si se hace descapote y/o excavación en el suelo (Fig. 3).

Se utilizó el Análisis Multicriterio o Proceso de Jerarquía Analítica (Saaty, 1980; 2008) para ponderar los indicadores que a su vez componen el indicador compuesto. Esta metodología contrasta cada criterio por pares con el fin de eliminar inconsistencias en los juicios de valor, asignando además un valor numérico preciso a cada uno y facilitando en su conjunto la toma final de una decisión.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el tipo de proyectos mineros, se eligieron intervalos de valores para la decisión final del indicador (Tabla I).

<u>Criterios</u>	<u>Subcriterios</u>	<u>Parámetros</u>	
Procesamiento	0.43 {	Grado de procesamiento 0.5	Número de procesos y su valoración + ajuste por EPT según mineral
		Producción de desechos 0.5	Proporción de desechos de acuerdo al mineral
Escala	0.43 {	Pequeña 0.13	Capacidad de procesamiento (t/día) (cantidad de desecho total)
		Mediana 0.24	
		Grande 0.63	
		Grande (+) 1.00	
Zona de Extracción/Excavación	0.14 {	Cielo abierto sin excavación	0.15
		Subterránea	0.50
		Cielo abierto (CA) con excavación	0.82
		CA con excavación / Subterránea	1.00

Figura 3. Componentes del Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM) ponderados según el Análisis Multicriterio (Saaty, 1980; 2013) (EPT: elementos potencialmente tóxicos, que acompañan al mineral de interés).

Tabla I. Sugerencia de decisión según los intervalos de valor del Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT).

Intervalo de valor	Decisión
0.1 - 35	Generación moderada
36 - 70	Generación media
71 - 100	Generación alta

Se calculó el IGRPT-PM de algunos proyectos mineros que coinciden y/o está cercanos a las ANP federales, considerados por el Servicio Geológico Mexicano como “Principales Proyectos” y “Grandes Yacimientos”, los cuales se encuentran georreferenciados en su portal “Geoinfomex” (revisado hasta Noviembre de 2015): <http://mapasims.sgm.gob.mx/GeoInfoMexDb/> y que son descritos de la siguiente forma (GDT-SGM, 2015):

- Grandes Yacimientos (GY): aquellos que históricamente han producido mineral y los que están en producción actualmente en la República Mexicana y algunos son considerados de clase mundial por su producción y dimensiones.
- Principales Proyectos (PP): Yacimientos minerales de México que están en etapa de Producción, Exploración, Desarrollo o Estudios de Factibilidad y están clasificados de acuerdo al mineral principal que producen ya sea minerales metálicos o no metálicos.

Ya que en lo práctico no hay una diferencia definitiva entre el tipo de minas de ambas categorías, fueron consideradas por igual como proyectos mineros que están próximos a realizarse ya que tienen algunos permisos, están en construcción o incluso ya están operando.

La información necesaria para valorarlos según el indicador de Generación de Residuos (IGRPT-PM) se obtuvo a partir de informes técnicos de las empresas

y manifestaciones de impacto ambiental de los proyectos mineros en internet (capacidad de procesamiento, procesos que emplean para la obtención y ubicación vertical de la extracción/ excavación).

Si el proyecto aún no inicia, se otorga un valor correspondiente a los proyectos que ya están operando en la zona y que extraerán los mismos minerales (según lo que informa el SGM) o bien se calcula uno a partir de las características de las minas en explotación en esa misma zona.

5.3. Estimación de ANP con mayor amenaza

Para identificar las ANP con mayor amenaza a la explotación minera por posibles proyectos y concesiones mineras, se seleccionaron los parámetros que fungieran como indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza de acuerdo a las categorías de manejo y a su extensión (área decretada).

A partir de concesiones y proyectos mineros georreferenciados relacionados a ANP federales y su valoración del IGRPT-PM, se seleccionaron los parámetros que mostraran el grado de exposición de las ANP en función a su extensión y categoría de manejo.

Debido a que los desechos y residuos de un proyecto minero son transportados por agua y aire a distancias variables, se consideró una franja alrededor de cada ANP (Búfer) para contabilizar tanto como concesiones como proyectos.

Para las concesiones mineras, se consideró un búfer de 10 km, con base en el utilizado en algunos estudios que consideran los límites externos de las ANP (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003; Mas, 2005; Mcdonald *et al.*, 2008). Y otro más amplio de 25 km para los proyectos mineros que están por iniciar o ya están operando, basada en la distancia de transferencia con vientos dominantes de cantidades significativas de metales a partir de la planta de fundición de una mina (24 km, Rawlins *et al.*, 2006).

En los búferes, se consideró la ubicación de proyectos y concesiones en relación a las cuencas hidrológicas que son compartidas con cada ANP en particular. Se utilizaron los polígonos georreferenciados de las cuencas hidrológicas (1:250,000; Comisión Nacional del Agua, 2001; obtenidos en el portal de Conabio: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>).

Resumiendo, los polígonos de las concesiones mineras se utilizaron para la obtención de:

- El porcentaje de traslapo de superficie total de concesiones mineras con el área de decreto de un ANP (resultado del primer objetivo).
- El porcentaje de traslapo de concesiones mineras en la franja de 10 km del búfer en relación a la superficie de esta ANP.
- En el búfer de 10 km, se contó el número de cuencas hidrológicas compartidas con el ANP que tuvieron concesiones a mayor altura (que el ANP).

A partir de los proyectos mineros georreferenciados (grandes yacimientos y principales proyectos del SGM) se calculó:

- Número de proyectos mineros y su valoración según el indicador de Generación de Residuos (IGRPT-PM) que coincidieron en ANP.
- Número de proyectos mineros y su valoración según el indicador de Generación de Residuos (IGRPT-PM) que coincidieron en el búfer de 25 km.
 - De este grupo, se contaron los proyectos y su valoración IGRPT-PM que se localizaron en la parte alta de una cuenca compartida con el ANP.

5.4. Traslapo de las concesiones mineras con la zonificación de ANP de la Península de Baja California y su permisividad en los programas de manejo.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los polígonos geo-referenciados de las ANP federales terrestres en la península de Baja California que presentan concesiones mineras de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas con su respectiva sub-zonificación, las cuales son: Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Valle de los Cirios (VLC), Reserva de la Biósfera (RB) El Vizcaíno (EV) y RB Sierra La Laguna (SLL). Asimismo se utilizaron los polígonos geo-referenciados de las concesiones mineras que ha otorgado la Secretaría de Economía (SE). Con Arc GIS 3.1 se calculó la distribución en número y superficie de las concesiones mineras con las distintas zonas y sub-zonas determinadas en el Programa de Manejo (PM) respectivo y posteriormente se consultó la permisividad de las mismas ante las actividades mineras. Debido a que la mayor parte de la RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre está incluida en la zonificación de la RB El Vizcaíno y otra porción es considerada en la del APFF Valle de los Cirios, las concesiones mineras coincidentes con esta reserva, se incluyeron en las otras dos ANP.

Se analizaron de forma comparativa y conjunta, los términos y condicionantes que se imponen a este tipo de aprovechamiento en los PM. Con el objetivo de complementar la información, en algunos casos se consultó el portal de datos georreferenciados de la SE (Sistema de Administración Minera o SIAM: www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/) ya que presenta concesiones otorgadas de 2010 a la fecha.

6. RESULTADOS

6.1. Concesiones mineras y minerales a extraer en ANP

El total de 24,748 concesiones mineras expedidas hasta el año de 2010. El rango de superficie de todas las concesiones del país va de 1 m² hasta 315,114 hectáreas, el 88% del total son concesiones menores a 1,000 ha ($M^e=100$ ha, $M^{od}=100$ ha). Mil seiscientos nueve concesiones coinciden con Áreas Naturales Protegidas con una superficie de 1,486,433 ha, lo cual se traslapa con el 8% de su superficie integral.

Según información del estatus de avance de la concesiones, obtenida en el Sistema Integral de Administración Minera se encontró que el 51% de las concesiones en ANP se encuentran en fase de exploración y 28% en explotación, el resto (21%) quedó como Sin Información Disponible (SID) ya que el portal web del SIAM dejó de emitir esta información (Fig. 4).

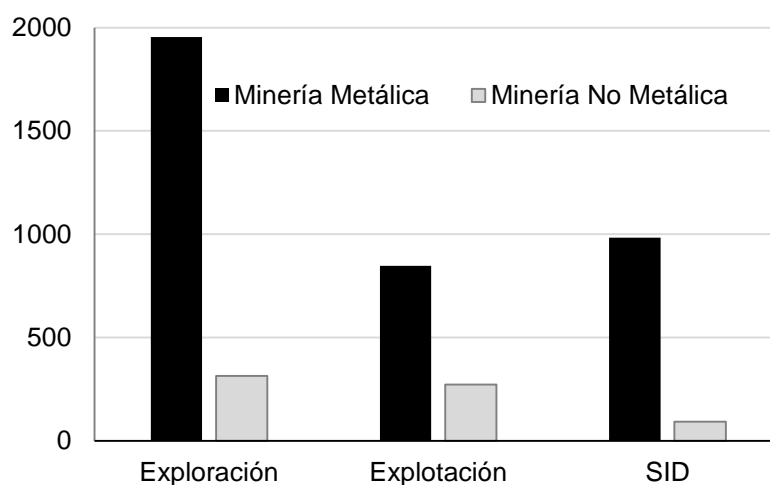


Figura 4. Estatus de progreso de las concesiones mineras de acuerdo a datos del 2010 (SID: sin información disponible).

Ya que se contabilizó el número de proyectos que coincide con las ANP y el búfer en los 25 km, se incluyeron en todas las tablas de con el traslape de concesiones para ver la situación integral de cada ANP.

De las 175 ANP federales, se encontró que 63 de ellas presentan concesiones mineras y 14 tienen uno o más proyectos mineros. De las 63 que tienen concesiones dentro, 60 tienen concesiones en el búfer de 10 km y 29 tienen proyectos mineros en el búfer de 25 km. Otras 32 ANP presentan concesiones sólo en el búfer y 8 ANP tienen proyectos mineros sólo en el búfer. Un total de 95 ANP presentan concesiones y/o proyectos mineros dentro de la superficie decretada y/o en el búfer (Tabla II).

Por categoría de manejo, se encontró que un mayor número de Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN) presentan concesiones mineras (75%), que la superficie concesionada total de APRN es más alta que en otras categorías (15%) y respecto al total de las concesiones mineras en ANP (46%). Respecto a los proyectos mineros, hay 6 Reservas de la Biósfera (RB) que los presentan, mientras que un total de 14 proyectos mineros se distribuyen en 3 APRN. Cinco Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) tienen un total de 9 proyectos mineros (Tablas II y III).

Por otro lado, se encontró que hay un menor número de Santuarios con concesiones mineras (22%) respecto al número total de ellos, así como de Parques Nacionales (15%), e incluso ningún Monumento Natural (MN) con concesiones. Cuando se trata de proyectos mineros, no se registró ninguno en ANP con estas categorías (Tablas II y III).

Tabla II. Número de ANP federales que presentan concesiones y proyectos mineros según su categoría de manejo.

Cat. Man.	Total ANP (n)	ANP con conc. mineras (n)	ANP con proy. mineros (n)	ANP con conc. mineras en el Búfer (n)	ANP con proy. mineros en el Búfer (n)	ANP con proy./ conc. dentro y en el Búfer (n)
APFF	36	17	5	18	11	19
APRN	8	6	2	6	3	6
RB	41	26	6	26	13	28
MN	5	0	0	2	1	2
PN	67	10	0	28	9	28
S	18	4	0	12	0	12
Total	175	63	13	92	37	95

Cat. Man.: categoría de manejo; n: número; APFF: Áreas de Protección de Flora y Fauna; APRN: Áreas de Protección de los Recursos Naturales; RB: Reservas de la Biósfera; MN: Monumentos Naturales; PN: Parques Nacionales; S: Santuarios.

Tabla III. Proporción de superficies decretadas traslapadas con concesiones mineras y número de proyectos mineros en ANP y sus búferes según la categoría de manejo.

Cat. Man.	S.D. (ha)	Superf. Traslap. Conc. mineras (ha)	Superf. Conc. mineras en Búfer (ha)	Superf. Conc. mineras en relación a S.D. (%)	Superf. Conc. mineras en relación a total Conc. en ANP (%)	Proy. Min. en ANP (n)	Proy. Min. en Búfer (n)
APFF	6,695,470	348,242	502,348	5.2	23.4	9	36
APRN	4,535,561	685,190	1,103,552	15.1	46.0	13	33
RB	10,851,848	436,290	686,832	4.0	29.3	7	22
MN	16,269	0	9,459	0.0	0.0	0	6
PN	1,119,778	18,186	176,924	1.6	1.2	0	19
S	148,332	44	40,874	0.0	0.0	0	0
Total	23,367,258	148,7952	2,519,989			29	116

Cat. Man.: categoría de manejo; S.D: Superficie Decretada; Superf. Conc: superficie con concesiones mineras; Proy. Min: proyectos mineros; n: número;

APFF: Áreas de Protección de Flora y Fauna; APRN: Áreas de Protección de los Recursos Naturales; RB: Reservas de la Biósfera; MN: Monumentos Naturales; PN: Parques Nacionales; S: Santuarios.

Con el fin de organizar los resultados y en virtud de que los efectos del traslapo geográfico se encuentran en proporción a la superficie de las ANP, se agruparon de acuerdo a su extensión geográfica. En el grupo de las ANP de menor extensión (5-5,000 ha), se encontraron los santuarios que son playas e islas costeras en la costa del Océano Pacífico, los monumentos nacionales y algunos parques nacionales. Destacan el PN Rayón que tiene superficie totalmente traslapada con concesiones mineras y 2 proyectos mineros en el búfer, PN El Chico con más de la mitad traslapada y 1 proyecto minero en el búfer, S Playa Ceuta con una tercera parte traslapada, S Playa de Mismaloya con una décima parte traslapada pero con grandes superficies concesionadas alrededor (búfer). Esta misma situación se presenta en otras ANP de este grupo e incluso ya tienen varios proyectos mineros en desarrollo a su alrededor (MN Yagul, PN Benito Juárez y PN Sierra de Órganos) (tabla IV).

Tabla IV. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 5 a 5,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.

Cat. Man.	ANP	Edo(s)	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy. en ANP (n)	Proy. en Búfer (n)
PN	El Sabinal	N.L.	8	0.0	375	0	0
S	Playa Cuitzamala	Jal.	12	0.0	3,057	0	0
S	Playa Teopa	Jal.	12	0.0	76	0	0
S	Playa El Tecuán	Jal.	17	0.0	9,011	0	0
PN	Rayón	Mich.	25	100.0	15,439	0	2
S	Playa Mexiquillo	Mich.	25	0.0	6,894	0	0
S	Playa Piedra de Tlacoyunque	Gro.	29	0.0	1,028	0	0
S	Playa de Escobilla	Oax.	30	9.3	520	0	0
S	Playa de Maruata y Colola	Mich.	32	0.0	2,589	0	0
PN	Los Novillos	Coah.	38	0.0	156	0	0
S	Playa de Tierra	Gro.	54	0.0	22	0	0

Cat. Man.	ANP	Edo(s)	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy. en ANP (n)	Proy. en Búfer (n)
	Colorada						
PN	Cerro de las Campanas	Qro.	58	0.0	2,129	0	0
S	Playa El Verde C.	Sin.	62	3.2	345	0	0
S	Playa Ceuta	Sin.	77	29.4	1,074	0	0
PN	Tula	Hgo.	100	0.0	156	0	0
S	Playa de Mismaloya	Jal.	167	10.1	16,036	0	0
PN	General Juan Álvarez	Gro.	528	0.0	316	0	0
PN	Desierto del Carmen o de Nixcongo	Méx.	529	0.0	41	0	0
PN	Xicoténcatl	Tlax.	851	0.0	104	0	0
MN	Yagul	Oax.	1,076	0.0	8,391	0	6
PN	Sierra de Órganos	Zac.	1,125	0.0	1,910	0	4
PN	Grutas de Cacahamilpa	Gro.	1,600	0.0	1,475	0	1
PN	Cerro de Garnica	Mich.	1,936	0.3	19,425	0	0
S	Islas de la Bahía Chamela	Jal.	1,981	0.0	222	0	0
PN	El Potosí	S.L.P.	2,000	0.0	378	0	0
MN	Río Bravo del Norte	Chih., Coah.	2,175	0.0	1,069	0	0
PN	Benito Juárez	Oax.	2,592	0.0	1,421	0	5
PN	El Chico	Hgo.	2,739	55.1	32,956	0	1
APFF	Boquerón de Tonalá	Oax.	3,912	0.0	3,900	0	1
PN	Cumbres de Majalca	Chih.	4,701	0.0	9,297	0	1

Cat. Man: categoría de manejo; Edo(s): estado(s) donde se ubica; S.D.: superficie decretada (ha); Conc.: concesiones mineras; Proy. Min. (n): número de proyectos mineros.

En el siguiente grupo (5,000-50,000 ha) destacan: APFF Sierra La Mojonera (86%) con un proyecto en el búfer; PN Los Mármoles y APFF Sierra de Quila con la mitad de la superficie traslapada y en el primer caso, con 3 proyectos

mineros en el búfer. Otras ANP presentan grandes concesiones en el búfer, así como proyectos mineros (PN Cascada Bassasseachic, Bosencheve, RB La Michilía y APFF Sierra de Álvarez) (Tabla V).

Tabla V. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 5,000 a 50,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.

Cat. Man.	ANP	Edo(s)	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy. en ANP (n)	Proy. en Búfer (n)
PN	Constitución de 1857	B.C.	5,009	0.0	30	0	0
PN	Cascada de Baseasseachic	Chih.	5,803	6.8	30,975	0	1
RB	Volcán Tacaná	Chis.	6,378	4.6	245	0	1
PN	Cabo Pulmo	B.C.S.	7,111	0.0	2,850	0	0
PN	Insurg. José María Morelos	Mich.	7,192	0.8	9,185	0	0
APFF	Sierra La Mojonera	S.L.P., Zac.	9,252	86.2	52,303	0	1
PN	Cofre del Perote	Ver.	11,531	0.0	1,781	0	0
RB	Chamela-Cuixamala	Jal.	13,143	14.1	24,473	0	0
PN	Bosencheve	Méx., Mich.	14,600	0.0	11,142	0	1
APFF	Sierra de Quila	Jal.	15,193	50.1	63,222	0	0
APFF	Sierra de Álvarez	S.L.P.	16,900	4.1	9,282	0	1
PN	Pico de Orizaba	Ver., Pue.	19,750	0.5	631	0	0
RB	Sierra del Abra Tanchipa	S.L.P. Tams.	21,464	0.4	605	0	0
PN	Los Mármoles	Hgo.	23,150	51.7	11,989	0	3
APFF	Pico de Tancítaro	Mich.	23,406	0.3	93	0	0
APFF	La Primavera	Jal.	30,500	0.0	644	0	0
RB	La Michilía	Dgo.	35,000	0.0	24,905	0	2
PN	Gogorrón	S.L.P.	38,232	4.0	4,293	0	0
APRN	ZPFV la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	Hgo., Pue.	41,692	0.3	1,122	0	0

PN	Cañón de Río Blanco	Ver., Pue.	48,800	1.3	1,647	0	0
----	---------------------	------------	--------	-----	-------	---	---

Cat. Man: categoría de manejo; Edo(s): estado(s) donde se ubica; S.D.: superficie decretada (ha); Conc.: concesiones mineras; Proy. Min. (n): número de proyectos mineros.

El siguiente grupo está compuesto por reservas de la biósfera, áreas de protección de flora y fauna y de protección de recursos naturales (con excepción de un parque nacional). En este grupo de ANP de mayor extensión (50,000-500,000 ha) ya se encontraron varios proyectos mineros dentro de algunas, estas son: RB Mariposa Monarca, Complejo Lagunar Ojo de Liebre, Sierra La Laguna, Sierra Gorda de Guanajuato, Zicuirán-Infiernillo; APFF Médanos de Samalayuca, Sierra de Álamos Río-Cuchujaqui, Islas del Golfo de California y Tutuaca; y APRN Cuencas de los Rios Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Respecto a las superficies traslapadas con concesiones, destacan RB Zicuirán-Infiernillo con la tercera parte de su superficie; la RB Sierra de Huautla, el APRN Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 "Pabellón" (CADNR001), la RB Sierra Gorda de Guanajuato y el APFF Tutuaca, con un quinto de traslapo en promedio (tabla VI).

Tabla VI. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 50,000 a 500,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.

Cat. Man.	ANP y estado(s) donde se ubica	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy Min. ANP (n)	Proy. Min. Búfer (n)
APFF	Meseta de Cacaxtla (Sin.)	50,862	0.3	4,261	0	1
PN	Nevado de Toluca (Méx.)	53,988	0.0	11,142	0	0
RB	Mariposa Monarca (Mich., Méx.)	56,259	16.6	10,082	1	2
RB	Sierra de Huautla (Mor., Pue., Gro.)	59,031	22.9	26,271	0	2
RB	Ría Lagartos (Yuc., Q.R.)	60,348	16.8	0	0	0
APFF	Médanos de Samalayuca (Chih.)	63,182	5.5	2,052	1	0
PN	Sierra de San Pedro Mártir	72,909	0.0	4,751	0	0

Cat. Man.	ANP y estado(s) donde se ubica	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy Min. ANP (n)	Proy. Min. Búfer (n)
	(B.C.)					
RB	Complejo Lagunar Ojo de Liebre (B.C., B.C.S.)	79,329	7.6	50,151	1	0
RB	Ría Celestún (Camp., Yuc.)	81,482	0.0	0	0	0
APFF	Cuatrociénegas (Coah.)	84,348	8.9	50,314	0	0
APFF	Sierra de Álamos (Son., Sin.)	92,890	17.4	42,405	1	6
RB	Barranca de Metztitlán (Hgo.)	96,043	1.2	6,131	0	1
APRN	CADNR001 (Ags., Zac.)	97,700	22.5	70,559	0	7
APFF	Campo Verde (Chih., Son.)	108,067	0.1	15,169	0	2
RB	Sierra La Laguna (B.C.S.)	112,437	8.2	22,135	1	2
RB	El Triunfo (Chis.)	119,177	0.0	22,479	0	0
RB	Marismas Nacionales Nayarit (Nay.)	133,854	3.0	26,552	0	0
RB	Sierra de Manantlán (Jal., Col.)	139,577	8.0	72,016	0	4
RB	La Encrucijada (Chis.)	144,868	0.0	1,570	0	0
RB	Los Tuxtlas (Ver.)	155,122	4.4	24,904	0	0
RB	La Sepultura (Chis.)	167,310	1.0	10,214	0	0
APRN	ZPFTC Cuencas de los Rios Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (Méx.)	172,879	15.5	41,942	2	2
PN	Cumbres de Monterrey (N.L., Coah.)	177,396	1.1	930	0	0
APRN	CADNR026 (Coah., N.L.)	197,157	0.8	3,663	0	0
APFF	Maderas del Carmen (Coah.)	208,381	1.9	13,045	0	2
APFF	Papigochic (Chih.)	222,764	1.6	6,648	0	3
RB	Sierra Gorda de Guanajuato (Gto., Qro.)	236,883	20.0	42,300	1	0
RB	Zicuirán-Infiernillo (Mich.)	265,118	32.3	48,259	1	2
APFF	Cañón de Santa Elena (Chih.)	277,210	1.5	10,805	0	1
RB	Mapimí (Dgo., Chih., Coah.)	342,388	0.0	1,176	0	0
APFF	Ocampo (Coah., Chih.)	344,238	7.8	3,477	0	0
APFF	Islas del Golfo de California (B.C., B.C.S., Son., Sin.)	374,554	0.5	25,176	1	0
RB	Sierra Gorda (Qro., Gto., S.L.P., Hgo.)	383,567	5.0	45,027	0	1
RB	Bahía de los Ángeles, Canal de Ballenas y Salsipuedes	387,957	0.9	19,926	0	0

		(B.C.)				
APFF	Tutuaca (Chih., Son.)	436,986	19.0	106,061	5	19
RB	Tehuacán-Cuicatlán (Pue., Oax.)	490,187	0.0	9,081	0	2

Cat. Man: categoría de manejo; S.D.: superficie decretada (ha); Conc.: concesiones mineras; Proy. Min. (n): número de proyectos mineros.

En el grupo de las ANP de mayor extensión (500,000-3,000,000 ha) destacan las 3 ANP más grandes que tienen proyectos mineros tanto dentro como en el búfer: el APRN Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 “Estado de Nayarit” (CADNR 043), el APFF Valle de los Cirios y la RB El Vizcaíno. En cuanto a los porcentajes traslapados, a pesar de que son menores a un quinto de la superficie (20%) en este grupo, hay grandes extensiones traslapadas con concesiones mineras. Las mayores extensiones de ANP traslapadas con concesiones se encuentran en la APRN CADNR 043 (336,173 ha) y en la APRN CADNR 004 “Don Martín” (298,571 ha). Las superficies traslapadas en sus búferes son también las más elevadas (Tabla VII). A pesar de este dato significativo, se encuentra sin proyectos mineros en la fuente de datos consultada (Servicio Geológico Mexicano).

Tabla VII. Estatus de traslapo con concesiones y proyectos mineros en las ANP federales de 500,000 a 3,000,000 ha de superficie decretada y en sus respectivos búferes.

Cat. Man.	ANP y estado(s) donde se ubica	S.D. (ha)	Conc. en ANP (%)	Conc. en Búfer (ha)	Proy. Min. ANP (n)	Proy. Min. Búfer (n)
RB	Janos (Chih.)	526,482	0.2	14,658	0	0
APFF	Laguna Madre y Delta del Río Bravo (Tams.)	572,809	0.02	0	0	0
RB	El Pinacate y Gran Desierto de Altar (Son.)	714,557	1.5	13,021	0	2
RB	Calakmul (Cam.)	723,185	0.1	695	0	0
RB	Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (B.C., Son.)	934,756	1.1	76,885	0	1
APRN	CADNR004 (Coah.)	1,519,390	19.7	513,212	0	0
APRN	CADNR043 (Ags., Jal.,)	2,329,030	14.4	473,054	11	24

		Dgo., Nay., Zac.)				
APFF	Valle de los Cirios (B.C.)	2,521,990	7.2	93,491	1	1
RB	El Vizcaíno (B.C.S.)	2,546,790	7.3	93,073	2	1

Cat. Man: categoría de manejo; S.D.: superficie decretada (ha); Conc.: concesiones mineras; Proy. Min. (n): número de proyectos mineros.

Finalmente en la Fig. 5 se ubican geográficamente las ANP por intervalos de superposición con concesiones mineras. Destacan el PN Rayón (100%), APFF Sierra La Mojonera (86%), PN El Chico (55%), PN Los Mármoles (52%), APFF Sierra de Quila (50%) y RB Zicuirán-Infierillo (32%).

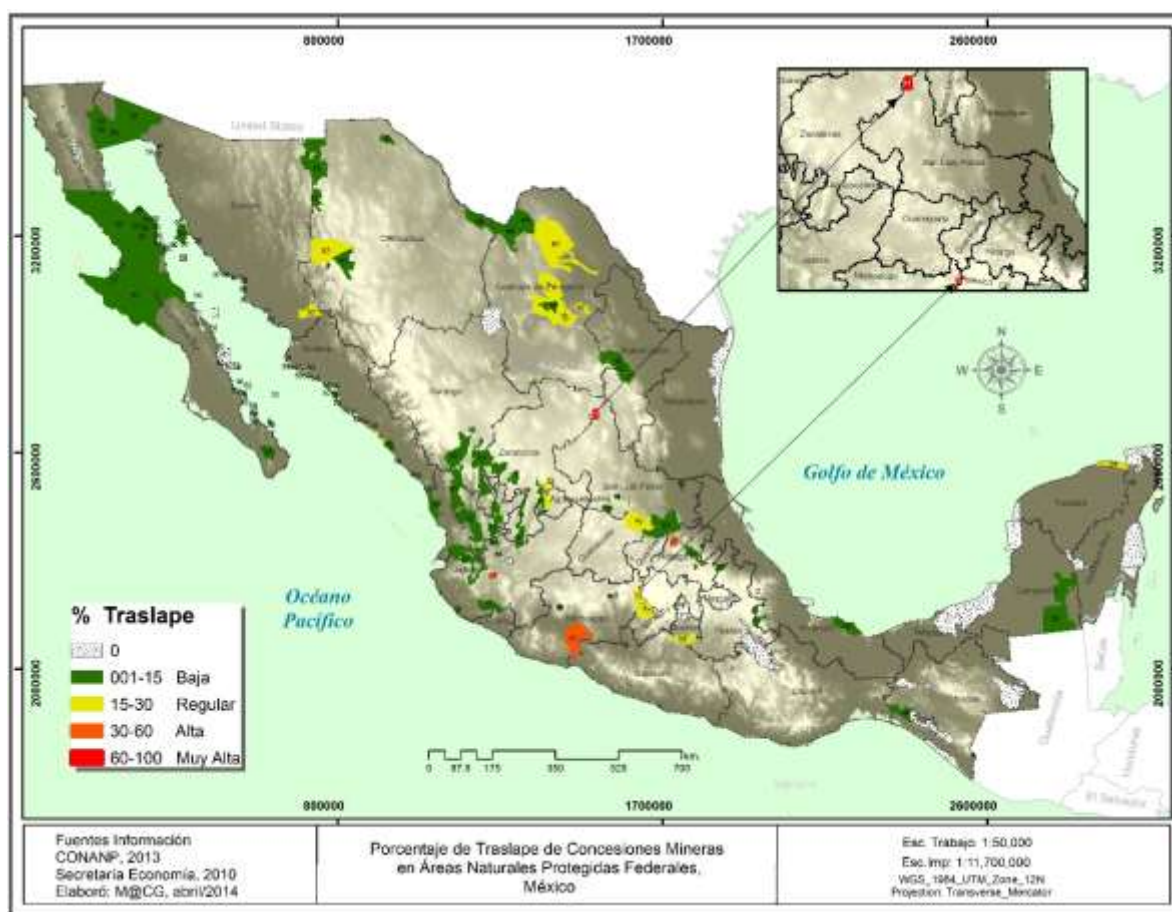


Figura 5. Áreas Naturales Protegidas federales según su proporción de superposición con concesiones mineras. Sin concesiones, punteado; Baja: 0.001-15% (verde); Regular 15-30% (amarillo); Alta 30-60% (anaranjado); Muy alta 60-100% (rojo).

Los títulos de concesión minera mencionan las sustancias o minerales que son el objetivo de la extracción, que puede ser uno o varios de ellos. El 30% de los títulos de concesión minera en ANP mencionan que extraerán metales preciosos (oro y plata), y esta proporción se eleva a 73% si se agregan los principales metales industriales (cobre, plomo, zinc, fierro, antimonio, molibdeno, mercurio y manganeso) y los polimetálicos. El 9% de los títulos de concesión pretenden extraer minerales no metálicos, que son principalmente carbón, fluorita, barita, yeso, sal y dolomita. Cabe mencionar que el 11% de los títulos mencionan las letras “TSP”, que según información obtenida de Secretaría de Economía a través del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI, ahora INAI), estas siglas significan “Toda Sustancia Posible” (Fig. 6).

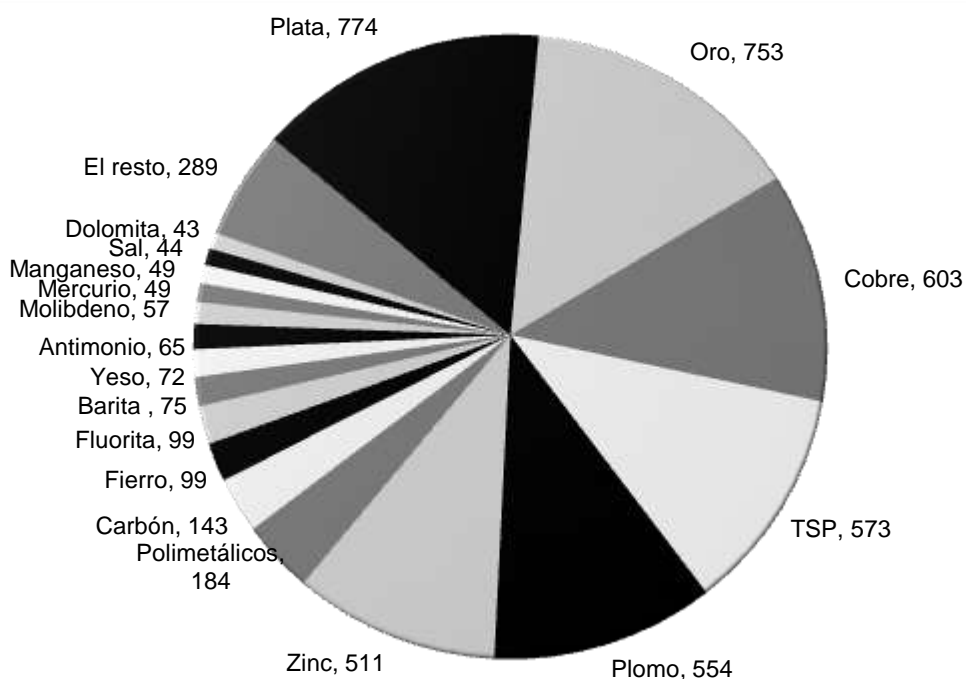


Figura 6. Minerales objetivo para extracción en todas las concesiones vigentes que coinciden en Áreas Naturales Protegidas federales.

En cuanto a la distribución general de los minerales no metálicos, en la península de Yucatán sólo se encontraron 3 ANP con concesiones mineras, 2 de con concesiones para sal marina (Ría Lagartos y Ría Celestún) y 1 para yeso/

dolomita en Calakmul. Otras concesiones más extensas para sal marina se localizaron en la RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre. Y por último, al norte de la Sierra Madre Oriental (Coahuila) hay una gran extensión con múltiples concesiones principalmente para carbón que coinciden con la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín. Prácticamente el resto de las concesiones son para minería metálica y se distribuyen en las ANP que se ubican aledañas a los sistemas montañosos del país (Sierra Madre Occidental, S.M Oriental, Meseta Central, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur y las sierras de la Península de Baja California).

Por otro lado, según el número de menciones de cada mineral en los principales proyectos mineros y grandes yacimientos (SGM) están dirigidos básicamente a minería metálica, principalmente oro y plata, así como otros minerales industriales. Es notable la ausencia de proyectos para el carbón y otros minerales no metálicos como barita y dolomita (Tabla VIII) en áreas donde hay concesiones de este tipo, lo cual podría atribuirse a que no se incluyen minas de no metálicos que ya operan o que son de menor relevancia para el portal SIG del SGM (como las minas de carbón; Geoinfomex, 2015).

Tabla VIII. Minerales a extraer declarados en los principales proyectos mineros y grandes yacimientos en Áreas Naturales Protegidas y sus respectivos búferes.

Mineral a extraer	Frecuencia de aparición	Mineral a extraer	Frecuencia de aparición
Oro	103	Sal Marina	2
Plata	96	Berilio	1
Cobre	38	Cobalto	1
Zinc	34	Paladio	1
Plomo	30	Platino	1
Fierro	9	TSP	1
Molibdeno	5	Wolframio	1
Fluorita	3	Yeso	1
Manganeso	3		

Fuente: Portal SIG del Servicio Geológico Mexicano (Geoinfomex, 2015).

6.2. Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros (IGRPT-PM)

En el Anexo 1 se describen los parámetros considerados en el proceso de extracción minera: Ubicación Vertical de Extracción/ Excavación (Tabla XIX), Escala (Tabla XX) y Procesos de Obtención (Tabla XXI), sus respectivas opciones y valoraciones acordes a su descripción. La descripción de cada proceso es generalizada, aunque puede incluir particularidades de la extracción de ciertos minerales que lo emplean principalmente.

Se consideraron sólo los minerales más comunes a extraer en los proyectos mineros y que además coincidieron con los espacios analizados (ANP y búfer de 25 km). Se describen sus procesos de obtención de acuerdo a sus particularidades, la concentración promedio en que se encuentran en los yacimientos y los desechos que esto involucra (Anexo 1, Tablas XXII-XXVIII).

Se encontraron 29 proyectos mineros en Áreas Naturales Protegidas y 116 en el búfer de 25 km. Se obtuvo información sobre las características de la extracción en 10 proyectos mineros dentro de ANP y de los otros 19 la información es escasa ya que aún no están operando. Se encontró información de 13 proyectos más que están en la zona del búfer y 9 que están fuera, los cuales se tomaron como valor de referencia para proyectos mineros similares (en región y minerales) relacionados a ANP que aún no están operando (Tabla IX).

En general el valor de los proyectos según este indicador elaborado, fue de alto a muy alto, ya que el SGM no considera otros proyectos en general de menor escala y dirigidos principalmente a minería no metálica. Los resultados más extremos obtenidos por este indicador dieron valores entre 35 puntos de un mina de fluorita de mediana escala y subterránea (“Aguachile” en el búfer de Maderas del Carmen) a 99.6 puntos para una extracción a gran escala de Cu-Zn-Mn-Co, subterránea/ cielo abierto, con planta de ácido sulfúrico y planta desaladora (El Boleo, en El Vizcaíno).

Tabla IX. Parámetros y valor final del IGRPT-PM algunas minas en operación relacionadas a ANP (no incluyen procesamiento).

Proyecto	ANP	Mineral	Des. Aprox.	UVEE	Cap. Proces. Diario (tpd)	IGRPT-PM final
La Salitrera (Minera Las Cuevas-Mexichem)	Sierra de Álvarez	Fluorita grado ácido, cerámico y metalúrgico.	0.30	Subte	3,600	53.1
Aguachile (Minera Múzquiz)	Cañón de Santa Elena	Fluorita, Berilio.	0.30	Subte	800	35
San Marcos (COMSA)	Islas del Golfo	Yeso.	0.07	CA Exc	6,500	67.3
Guerrero Negro (Exportadora de Sal)	Comp Lagunar Ojo de Liebre-El Vizcaíno	Sal marina.	0.05	CA	23,836	52.1
Nonoalco (Minera Autlán)	Barranca de Metztitlán	Manganeso (dióxido de manganeso o pirolusita).	0.78	CA Exc	110	45.2
Peña Colorada (Ternium-Arcerlormittal)	Sierra de Manantlán	Fierro peletizado.	0.49	CA Exc	24,384	81.7
El Boleo (Korea Resources Corp-Baja Mining)	El Vizcaíno	Cobre, zinc, cobalto, manganeso.	0.98	Subte/CA Exc	30,000	99.6
La Colorada (Pan American Silver)	CADNR 43	Oro/plata (doré), plomo, zinc.	0.98	Subte	1,250	56.3
Dolores (Pan American Silver)	Tutuaca	Oro/plata (doré).	0.98	CA Exc	16,200	90.8

Proyecto	ANP	Mineral	Des. Aprox.	UVEE	Cap. Proces. Diario (tpd)	IGRPT-PM final
Sabinas (Peñoles en Sombrerete)	Sierra de Órganos	Plata, plomo, zinc, cobre.	0.98	Subte	3,300	70.1
San Felipe (Frisco)	Alto Golfo y Delta del Río Colorado	Doré.	0.98	CA Exc	37,000	91.7
Concheño (Frisco)	Tutuaca	Doré.	0.98	CA Exc	15,000	90.8
Pinos Altos (Agnico Eagle)	Tutuaca	Doré.	0.98	Subte/CA Exc	5,000	93.3
San Martín (First Magestic)	CADNR 43	Plata, oro.	0.98	Subte	1,300	53.6
Mina Real (Rochester Ltd Resources)	CADNR 43	Oro, plata.	0.98	CA Exc	300	53.4
Creston Mascota (Agnico Eagle)	Tutuaca	Doré.	0.98	CA Exc	4,000	74.9
Ocampo (Frisco antes AuRico Gold)	Tutuaca	Doré.	0.98	Subte/CA Exc	7,000	93.3
Mulatos (Alamo Gold)	Tutuaca	Doré.	0.98	CA Exc	16,000	90.8
La Negra (Aurcana Corp.)	Los Mármoles	Plata, zinc, plomo, cobre.	0.98	Subte/CA Exc	3,000	82.5
La Guitarra (First Magestic)	ZPV Cuencas de los Ríos Malacatepec, Valle de Bravo, Temascaltepec.	Oro, plata.	0.98	Subte	500	58.7
Los Cardones (Invecture Group)	Sierra La Laguna	Oro, plata.	0.98	CA Exc	15,000	91.7
El Minbre (Minera México Pacífico)	Valle de los Cirios	Fierro peletizado.	0.49	CA Exc	804	44.9

Proyecto	ANP	Mineral	Des. Aprox.	UVEE	Cap. Proces. Diario (tpd)	IGRPT-PM final
No relacionados a ANP						
San José del Progreso (Fortuna Silver)	Oaxaca	Oro, plata.	0.98	Subte	3,000	70.4
Álamo Dorado (Panamerican Silver Corp)	Sur de Sierra Álamos	Oro, plata.	0.98	CA Exc	4,000	74.9
La Herradura (Penmont-Newmont-Peñoles)	Caborca por el Alto Golfo	Oro, plata.	0.98	Subte/CA Exc	60,000	93.3
Taxco (Grupo México)	Gro.	Zinc, plomo, oro, plata.	0.98	Subte	2,000	70.4
El Gallo (McEwen Mining)		Oro, plata.	0.98	CA Exc	4,500	74.9
Piedras Verdes (Invecture Group- Frontera Cooper)	Al norte de la Sierra de Álamos	Cobre.	0.98	CA Exc	8,300	95.3
El Rosario (Santa Cruz Mining Silver)	Cerca de Charcas, Coah.	Oro, plata, plomo, zinc.	0.98	CA Exc	500	58.1
Cerro de San Pedro (Newgold)	Cerro de San Pedro, S.L.P.	Oro, plata.	0.98	CA Exc	60,000	90.8

Des. Aprox.: desecho aproximado; UVEE: ubicación vertical de extracción/ excavación; Cap. Proces. Diario: capacidad de procesamiento diario; CA: cielo abierto; Exc: excavación de tajo; Subte: Subterránea; tpd: toneladas por día; IGRPT-PM: valor del indicador de generación de residuos potencialmente tóxicos de proyectos mineros).

6.3. Indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza

Se calculó el Coeficiente de Correlación de Pearson para la superficie de decreto del ANP, las concesiones mineras y los proyectos mineros en ANP. El resultado confirma que hay una relación directa y significativa en la presencia de concesiones y la superficie decretada del ANP; y que las concesiones en ANP se relacionan a la presencia de proyectos mineros en ANP (correlación moderada casi alta; Tabla X), o bien, que hay las concesiones dentro de las ANP que las presentan, al parecer sí evolucionan a proyectos mineros. Otras co-relaciones entre parámetros fueron no significativas (como superficie del ANP/ número de proyectos fue de 0.521).

Tabla X. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables estimadas sobre la minería en Áreas Naturales Protegidas.

Variable 1	Variable 2	r
Superficie del ANP	Concesiones Mineras en ANP	0.844
Concesiones Mineras en ANP	Número de proyectos	0.691

Como se mencionó anteriormente, los parques nacionales, monumentos naturales y santuarios tienen significativamente menos superficie concesionada y ausencia de proyectos mineros. En cambio, hay un número mayor de ANP que presentan concesiones y proyectos mineros en los búferes con estas mismas categorías, como ocurre con el resto de las categorías (Tabla II y Tabla III).

6.3.1. Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Santuarios

Para el caso de las ANP con estas categorías de manejo, ya que presentan relativamente escasas concesiones mineras en su interior y ningún proyecto minero, y ya que en general son de menor extensión que el resto de las categorías, se consideró que los siguientes parámetros pueden indicar el grado de exposición ante la explotación minera ubicada en la franja del búfer.

- Las concesiones mineras y proyectos mineros que se otorguen y se instalen en el búfer de 25 km, especialmente aquellos ubicados en la parte alta de la cuenca compartida con el ANP (a mayor altura que el ANP completa o una fracción de la misma).
- La sumatoria del valor IGRPT-PM de los proyectos mineros en el búfer de cada ANP, considerada sólo para los casos de asignación del valor de un solo proyecto y como información adicional.
- La superficie de las concesiones en el búfer de 10 km se presentan en relación a la superficie del ANP, lo cual permite ver el número de veces que excede su tamaño (*i.e.* si son superficies idénticas, este valor será de igual a 1).
- El número de cuencas en el búfer que son compartidas con el ANP y que presentan concesiones mineras en la parte alta de la cuenca (a mayor altura que el ANP completa o una fracción de la misma).

Ponderación del indicador compuesto

La valoración en general es mayor en proyectos que en concesiones mineras, ya que se encuentran en trámites de iniciar explotación, obteniendo otros permisos, en construcción o incluso algunos ya están en fase de explotación.

- A cada proyecto minero se les asignó el valor +3 a los que se encuentran en el búfer en la parte alta de una cuenca común con el ANP y +2 al resto de los proyectos ubicados en el búfer. Cuando la suma del IGRPT fue menor a 35, se tradujo en un valor de +1, por ser un proyecto de generación moderada de residuos potencialmente tóxicos.
- En la relación entre la superficie de las concesiones en el búfer y la superficie decretada, sólo se consideraron valores por encima de 0.1 (es decir cuando las concesiones abarcan un décimo de la superficie del ANP) y se valoraron de la siguiente forma: <0.1-0.9 corresponde a +0.5, 1.0-9.9 corresponde a +1, 10.0-99.9 corresponde a +1.5 y 100 o más corresponde

a +2. Las ANP con concesiones en partes altas del búfer se valoraron con +1 por cada cuenca.

La decisión del indicador de acuerdo al puntaje final se divide en cuatro rangos de valoración de amenaza, lo cual aplica a todas las categorías de manejo (Tabla XI).

Tabla XI. Rangos de valoración del Indicador de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza.

Puntaje	Rangos de valoración
0.5- 2.9	Amenaza baja
3- 4.9	Amenaza moderada
5- 6.9	Amenaza alta
7 y >7	Amenaza muy alta

En las categorías Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Santuarios, los valores de amenaza más altos fueron MN Yagul (14), PN Sierra de Órganos y PN Benito Juárez (11), PN Los Mármoles (8) y PN Rayón (6), son ANP que tienen varios proyectos mineros en el área circunvecina, y que en el caso de Sierra de Órganos y Los Mármoles, un par de proyectos están cuenca arriba hacia el ANP. Entre las ANP más pequeñas (menores a mil hectáreas), se encuentran varias playas de la costa del Océano Pacífico (santuarios) y algunos parques nacionales decretados hace varias décadas, la mayoría tiene una valoración de baja a moderada (alta si se incluye PN Rayón) debido a que presentan concesiones en el búfer que exceden varias veces el tamaño del ANP (Tabla XII).

Tabla XII. Indicadores de Exposición a la Explotación Minera como Amenaza de ANP que están bajo las categorías de manejo de Parque Nacional (PN), Santuario (S) y Monumento Natural (MN).

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en Búfer excepto CArr (n)	IGRPT- PM en Búfer Total	Proy. en Búfer CArr (n)	Relación Superficie Concesiones Búfer/ ANP	Cuencas	Valoración Total de Amenaza
							compartidas con ANP en Búfer con concesiones CArr	
PN	El Sabinal	8	0		0	46.9	0	1.5 (baja)
S	Playa Cuitzamala	12	0		0	263.5	1	3.0 (mod.)
S	Playa Teopa	12	0		0	6.3	0	1.0 (baja)
S	Playa El Tecuán	17	0		0	530.2	1	3.0 (mod.)
PN	Rayón	25	2	117.4	0	612.4	0	6.0 (alta)
S	Playa Mexiquillo	25	0		0	271.4	1	3.0 (mod.)
S	Playa Piedra de Tlacoyunque	29	0		0	35.1	1	2.5 (mod.)
S	Playa de Escobilla	30	0		0	17.6	0	1.5 (baja)
S	Playa de Maruata y Colola	32	0		0	80.8	1	2.5 (baja)
PN	Los Novillos	38	0		0	4.1	0	1.0 (baja)
S	Playa de Tierra Col.	54	0		0	0.4	0	2.0 (baja)
PN	Cerro de las Campanas	58	0		0	36.4	0	1.5 (baja)
S	Playa El Verde Camacho	62	0		0	5.5	1	2.0 (baja)
S	Playa Ceuta	77	0		0	14.1	2	3.5 (mod.)

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en Búfer excepto CArr (n)	IGRPT- PM en Búfer Total	Proy. en Búfer CArr (n)	Relación Superficie Concesiones Búfer/ ANP	Cuencas	Valoración Total de Amenaza
							compartidas con ANP en Búfer con concesiones CArr	
PN	Tula	100	0		0	1.6	0	1.0 (baja)
S	Playa de Mismaloya	167	0		0	96.2	1	2.5 (baja)
PN	General Juan Álvarez	528	0		0	0.6	0	0.5 (baja)
PN	Desierto del Carmen o de Nixcongo	529	0		0	0.1	0	0.0 (S.A.)
PN	Xicoténcatl	851	0		0	0.1	1	1.5 (baja)
MN	Yagul	1,076	6	422.4	0	7.8	1	14.0 (muy alta)
PN	Sierra de Órganos	1,125	3	281.4	1	1.7	1	11.0 (muy alta)
PN	Grutas de Cacahamilpa	1,600	1	70.4	0	0.9	1	3.5 (mod.)
PN	Cerro de Garnica	1,936	0		0	5.0	1	2.0 (baja)
S	Islas de la B. Chamel	1,981	0		0	0.1	0	0.5 (baja)
PN	El Potosí	2,000	0		0	0.2	0	0.5 (baja)
MN	Río Bravo del Norte	2,175	0		0	0.5	2	2.5 (baja)
PN	Benito Juárez	2,592	5	352.0	0	0.6	1	11.0 (muy alta)
PN	El Chico	2,739	1	70.4	0	12.0	0	3.5 (mod.)
PN	Cumbres de Majalca	4,701	1	90.8	0	2.0	0	3.0 (mod.)
PN	Constitución de 1857	5,009	0		0	0.0	0	0.0 (S.A.)

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en Búfer excepto CArr (n)	IGRPT- PM en Búfer Total	Proy. en Búfer CArr (n)	Relación Superficie Concesiones Búfer/ ANP	Cuencas	Valoración Total de Amenaza
							compartidas con ANP en Búfer con concesiones CArr	
PN	Cascada de Baseasseachic	5,803	1	90.8	0	5.3	1	4.0 (mod.)
PN	Cabo Pulmo	7,111	0		0	0.4	1	1.5 (baja)
PN	Insurg. José María Morelos	7,192	0		0	1.3	0	1.0 (baja)
PN	Cofre del Perote	11,531	0		0	0.2	0	0.5 (baja)
PN	Bosencheve	14,600	1	69.0	0	0.8	0	2.5 (baja)
PN	Pico de Orizaba	19,750	0		0	0.0	0	0.0 (S.A.)
PN	Los Mármoles	23,150	2	247.5	1	0.5	1	8.5 (muy alta)
PN	Gogorrón	38,232	0		0	0.1	1	1.5 (baja)
PN	Cañón de Río Blanco	48,800	0		0	0.0	0	0.0 (S.A.)
PN	Nevado de Toluca	53,988	0		0	0.2	0	0.5 (baja)
PN	Sierra de San Pedro Mártir	72,909	0		0	0.1	0	0.0 (S.A.)
PN	Cumbres de Monterrey	17,739	0		0	0.0	1	1.0 (baja)

Cat. Man: categoría de manejo; S.D.: superficie decretada en hectáreas; Proy: proyectos mineros; IGRPT-PM Total: suma del valor de cada proyecto minero según el Índice de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros; CArr: cuenca arriba; mod: amenaza moderada; S.A.: sin amenaza.

6.3.2. Áreas de Protección de Flora y Fauna, Áreas de Protección de Recursos Naturales y Reservas de la Biósfera

Las ANP con estas categorías de manejo presentaron proyectos mineros en la superficie decretada y en el búfer, también se caracterizan por ser de mayor extensión que el resto de las categorías. Y ya que se encontró una relación directa moderada entre concesiones y proyectos dentro de las ANP, se espera que en un futuro no inmediato, algunas concesiones deriven en proyectos dentro de estas categorías. Es así, que los siguientes parámetros se utilizaron para identificar el grado de exposición ante la explotación minera en estas categorías.

- Las concesiones mineras y proyectos mineros en la superficie decretada y los que se localicen en la parte alta de la cuenca compartida con el ANP.
- La sumatoria del valor IGRPT-PM de dichos proyectos en el ANP, considerada sólo para los casos de asignación del valor de un solo proyecto y como información adicional.
- El porcentaje de traslapo de superficie del ANP con concesiones mineras.

Ponderación del indicador compuesto.

Al igual que en las otras categorías, la valoración en general es mayor para proyectos que para concesiones mineras.

- A cada proyecto minero en superficie decretada se le asignó el valor +5, y +3 a los ubicados en la parte alta de una cuenca común con el ANP (en el búfer de 25 km). Si la suma del IGRPT de los proyectos mineros del ANP es menor a 35, se traduce en un valor de +3 dentro del ANP y +1 en búfer, por ser un proyecto de generación moderada de residuos potencialmente tóxicos.
- El porcentaje de traslapo se valora mediante las siguientes puntuaciones: de 0 a 9.9: +1; de 10 a 19.9: +2; de 20 a 49.9: +3; y de 50 y >50: +4.

La decisión del indicador es la misma que para Monumentos Naturales, Parques Nacionales y Santuarios (Tabla XII).

En total, 11 ANP resultaron con valores correspondientes a amenaza muy alta en el indicador compuesto de exposición: destacando el APRN Cuenca del Distrito Nacional de Riego 043 "Don Martín" (90), seguida de APFF Tutuaca (45), RB Zicuirán-Infiernillo y RB El Vízcaíno (14), APRN Zona Protectora Forestal Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (12), APFF Sierra de Álamos Río Cuchujaqui (10), RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre (9), APFF Sierra La Mojonera, RB Mariposa Monarca, RB Sierra Gorda de Guanajuato y RB Tehuacán-Cuicatlán (7) (Tabla XIII).

Tabla XIII. Indicadores de Exposición a la Explotación Minera de ANP que están bajo las categorías de manejo de Reservas de la Biósfera (RB), Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) y Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN).

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en ANP	Número de Proy. en Búfer 25 km CArr	IGRPT-PM Total ANP y Buf CArr	Traslapo conc. mineras en ANP (%)	Valoración Total de Amenaza
APFF	Boquerón de Tonalá	3,912	0	1	70.4	0.00	3.0 (mod.)
RB	Volcán Tacaná	6,378	0	0	0	4.57	1.0 (baja)
APFF	Sierra La Mojonera	9,252	0	1	58.1	86.23	7.0 (muy alta)
RB	Chamela-Cuixamala	13,143	0	0	0	14.06	2.0 (baja)
APFF	Sierra de Quila	15,193	0	0	0	50.14	4.0 (mod.)
APFF	Sierra de Álvarez	16,900	0	0	0	4.14	1.0 (baja)
RB	Sierra del Abra Tanchipa	21,464	0	0	0	0.38	1.0 (baja)
APFF	Pico de Tancítaro	23,406	0	0	0	0.32	1.0 (baja)
APFF	La Primavera	30,500	0	0	0	0.00	0.0 (S.A.)
RB	La Michilía	35,000	0	0	0	0.00	0.0 (S.A.)
APRN	Zona Protectora Forestal Vedada la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	41,692	0	0	0	0.25	1.0 (baja)
APFF	Meseta de Cacaxtla	50,862	0	0	0	0.25	1.0 (baja)
RB	Mariposa Monarca	56,259	1	0	69	16.55	7.0 (muy alta)
RB	Sierra de Huautla	59,031	0	1	70.4	22.85	6.0 (alta)
RB	Ría Lagartos	60,348	0	0	0	16.84	2.0 (baja)
APFF	Médanos de Samalayuca	63,182	1	0	81.1	5.49	6.0 (alta)
RB	Complejo Lagunar Ojo de L.	79,329	1	1	151.7	7.64	9.0 (muy alta)

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en ANP	Número de Proy. en Búfer 25 km CArr	IGRPT-PM Total ANP y Buf CArr	Traslapo conc. mineras en ANP	Valoración Total de Amenaza
RB	Ría Celestún	81,482	0	0	0	0.02	1.0 (baja)
APFF	Cuatrociénegas	84,348	0	0	0	8.92	1.0 (baja)
APFF	Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	92,890	1	1	149.8	17.36	10.0 (muy alta)
RB	Barranca de Metztitlán	96,043	0	1	45.5	1.19	4.0 (mod.)
APRN	CADNR001	97,700	0	0	0	22.46	3.0 (mod.)
APFF	Campo Verde	108,067	0	1	93.3	0.06	4.0 (mod.)
RB	Sierra La Laguna	112,437	1	0	91.7	8.17	6.0 (alta)
RB	El Triunfo	119,177	0	0	0	0.02	1.0 (baja)
RB	Marismas Nacionales Nayarit	133,854	0	0	0	2.95	1.0 (baja)
RB	Sierra de Manantlán	139,577	0	0	0	7.96	1.0 (baja)
RB	La Encrucijada	144,868	0	0	0	0.01	1.0 (baja)
RB	Los Tuxtlas	155,122	0	0	0	4.42	1.0 (baja)
RB	La Sepultura	167,310	0	0	0	0.98	1.0 (baja)
APRN	ZPFTC Cuencas de los Rios Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	172,879	2	0	117.4	15.54	12.0 (muy alta)
APRN	CADNR026	197,157	0	0	0	0.78	1.0 (baja)
APFF	Maderas del Carmen	208,381	0	1	35	1.88	2.0 (baja)
APFF	Papigochic	222,764	0	0	0	1.60	1.0 (baja)
RB	Sierra Gorda de Guanajuato	236,883	1	0	82.5	19.97	7.0 (muy alta)
APFF	Cañón de Santa Elena	277,210	0	0	0	1.47	1.0 (baja)
RB	Mapimí	342,388	0	0	0	0.00	0.0

Cat. Man.	ANP	S.D. (ha)	Proy. en ANP	Número de Proy. en Búfer 25 km CArr	IGRPT-PM Total ANP y Buf CArr	Traslapo conc. mineras en ANP	Valoración Total de Amenaza
APFF	Ocampo	344,238	0	0	0	7.81	1.0 (baja)
APFF	Islas del Golfo de California	374,554	1	0	67.3	0.49	6.0 (alta)
RB	Sierra Gorda	383,567	0	1	0	5.01	4.0 (mod.)
RB	Bahía de los Ángeles, Canal de Ballenas y Salsipuedes	387,957	0	0	0	0.87	1.0 (baja)
APFF	Tutuaca	436,986	5	6	974.5	19.03	45.0 (muy alta)
RB	Tehuacán-Cuicatlán	490,187	0	2	140.8	0.04	7.0 (alta)
RB	Janos	526,482	0	0	0	0.16	1.0 (baja)
APFF	Laguna Madre y Delta del Río Bravo	572,809	0	0	0	0.02	1.0 (baja)
RB	El Pinacate y Gran Desierto de	714,557	0	1	93.3	1.51	4.0 (mod.)
RB	Calakmul	723,185	0	0	0	0.10	1.0 (baja)
RB	Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	934,756	0	1	91.7	1.08	4.0 (mod.)
APRN	CADNR004	1,519,390	0	0	0	19.65	2.0 (baja)
APRN	CADNR043	2,329,030	11	11	1199.6	14.43	90.0 (muy alta)
APFF	Valle de los Cirios	2,521,990	1	0	99.6	7.18	6.0 (alta)
RB	El Vizcaíno	2,546,790	2	1	251.3	7.32	14.0 (muy alta)

Cat. Man.: categoría de manejo; S.D.: superficie decretada en hectáreas; Proy: proyectos mineros; IGRPT-PM Total: suma del valor de cada proyecto minero según el Índice de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos de Proyectos Mineros; CArr: cuenca arriba; mod: amenaza moderada; S.A.: sin amenaza.

6.4. Traslapo de las concesiones mineras con la zonificación de ANP terrestres de la Península de Baja California y su permisividad en los programas de manejo

En el APFF Valle de los Cirios, la segunda ANP más extensa del país, un 13% de su zonificación permite la exploración minera y un 1% la explotación minera. Un total de 182,983 ha quedan traslapadas con concesiones mineras. El ANP también destaca porque del 7.3% del área total traslapada, el 7.1% lo hace con concesiones que pretenden extraer minerales metálicos (Tabla XIV).

La RB El Vizcaíno destaca no sólo por ser el ANP más extensa del país, también porque un 80% de su zonificación permite la actividad minera. Esto se ve reflejado en grandes extensiones traslapadas con concesiones mineras: un total de 188,637 ha. Dentro de esta ANP, tanto en zonas que permiten la actividad minera como las que la prohíben, hay un mayor número de concesiones para minería no metálica (principalmente sal marina y yeso), en comparación a las otras ANP. Sin embargo hay un mayor número de concesiones mineras sobre minerales metálicos (Tabla XIV).

La RB Sierra La Laguna a pesar de que sólo un 2% de su zonificación permite las actividades mineras, la mayor proporción de superficie traslapada con concesiones mineras se localiza en zonas prohibitivas, el 6.5% del 8.2% total. En esta ANP las concesiones pretenden extraer exclusivamente minerales metálicos (Tabla XIV).

Los minerales objetivo de extracción, declarados en los títulos de concesión de las 3 ANP, son en número, casi exclusivamente metales preciosos como el oro y la plata, e industriales como el cobre, el zinc, el manganeso, el plomo y el cobalto. Reciben una mención especial el yeso en la RB El Vizcaíno y la sal en cuanto a que son concesiones de gran extensión (Tabla XIV).

Tabla XIV. Proporciones traslapadas con concesiones mineras en Valle de los Cirios, El Vizcaíno y Sierra La Laguna según la permisividad de su respectiva zonificación ante la actividad minera determinada en sus programas de manejo, así como el tipo de mineral a extraer según los títulos de concesión (SID: Sin información disponible).

ANP y superficie decretada (ha)	Proporción del ANP que prohíbe o permite la actividad minera según la zonificación	Superficie traslapada por tipo de minería (ha)	Superficie traslapada (subtotal)	Superficie traslapada total	Minerales mencionados en los títulos de concesión con mayor frecuencia (n)
APFF Valle de los Cirios (2,521,990)	Prohibida: 86%	Metálica: 28,959 Met/ No Met: 1,446 No Metálica: 2	1.2 %	7.3 %	Oro: 52 veces Plata: 51 veces Cobre: 41 veces Zinc: 32 veces Plomo: 31 veces
	Permitida: 14%	Metálica: 151,243 Met/ No Met: 121 No Metálica: 939 SID: 273	6.1 %		
RB El Vizcaíno (2,546,790)	Prohibida: 20%	No Metálica: 40,984	1.6 %	7.4 %	Cobre: 26 veces Zinc: 26 veces Yeso: 26 veces Cobalto: 18 veces Manganeso: 17 veces
	Permitida, 80%	Metálica: 40,923 Met/ No Met: 2,840 No Metálica: 94,502 SID: 9,388	5.8 %		
RB Sierra La Laguna (112,437)	Prohibida: 98%	Metálica: 7,279	6.5 %	8.2 %	Oro: 13 veces Plata: 13 veces Cobre: 11 veces Zinc: 11 veces Plomo: 9 veces
	Permitida: 2%	Metálica: 1,913	1.7 %		

6.4.1. Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios

El programa de manejo (PM) contempla la explotación y exploración mineras en la zona de Aprovechamiento Especial; y la exploración minera en la denominada zona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas 2 (ASE2) (Conanp, 2013). Ambas zonas suman el 14% del ANP, donde coinciden el 83% de las concesiones mineras (Tabla XV).

El alto porcentaje de traslapeo en zona prohibitiva por el PM se debe principalmente a la presencia de una concesión de gran extensión para minería metálica (22,324 ha) en la zona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas 1 (ASE1), al extremo sureste del ANP; así como por dos concesiones para minería metálica en la zona de Uso Público 2, en la zona costera sur del Océano Pacífico.

Según el portal de la SE (SIAM), actualmente hay algunas concesiones de gran tamaño en la zona noroeste del ANP, las cuales se traslapan con zonas prohibitivas pero no fueron consideradas en esta evaluación, ya que fueron otorgadas después de 2010.

Existen 3 concesiones canceladas que se traslapan a la zona más extensa de Preservación (Fig. 7). Estas mismas, además de otras 2 concesiones canceladas, rodean la zona mencionada, cuyas superficies son consideradas en el programa de manejo como zona de ASE2. Esta área de preservación es el hábitat relicto más sureño del pino piñonero, *Pinus monophylla* que además coincide con el humedal Ramsar Corredor Costero La Asamblea-San Francisquito desde 2005, dentro del APFF (Ramsar-Conanp, 2015). Aunque por el momento estas concesiones están canceladas, no se puede determinar con certeza si la presión comercial en un futuro podría propiciar su re-activación.

En la zona de Aprovechamiento Especial (El Arco) en el límite sur central, existen pequeñas áreas destinadas a Preservación dentro de la zona de Aprovechamiento Especial y cuya superficie concesionada no fue excluida de ellas (Fig. 7). Y aunque quedan inmersas en una zona permisiva de minería, según el PM estas zonas de preservación son el único y último hábitat exclusivo

de *Lophocereus shotti monstrosus* o Garambullo Monstruoso, protegida por la NOM-059 (Semarnat, 2010). Esta especie además se asocia con *Cylindropuntia calmalliana*, también endémica, cuya localidad tipo se localiza en esta región, a 15 kilómetros del antiguo poblado minero y ahora abandonado, Calmallí. Los títulos de concesión de esta sub-zona, pertenecientes al Grupo México declaran como minerales a extraer (en orden decreciente): cobre, oro, molibdeno, plata, plomo, zinc, polimetálicos, wolframio (tungsteno) y manganeso.

La superficie de la RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre que es considerada como zona de Preservación en el PM, no presenta concesiones mineras.

Tabla XV. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el APFF Valle de los Cirios hasta 2010.

Zonificación	Permite Exploración Minera	Permite Explotación Minera	No permite Minería
Preservación			<u>654</u>
Aprov. Sust. de los Recursos Naturales			0
Aprov. Sust. de los Ecosistemas 1			<u>28 706</u>
Aprov. Sust. de los Ecosistemas 2	126 249		
Aprovechamiento Especial	26 327	26 327	
Uso Público 1			0
Uso Público 2			<u>1 406</u>
Asentamientos Humanos			0
Total	152 576	26 327	<u>30 406</u>

Marcado en gris, la permisividad o prohibición para la actividad minera en las zonas determinadas en el programa de manejo. Las cifras subrayadas son superficies en zona prohibitiva (Aprov. Sust: aprovechamiento sustentable).

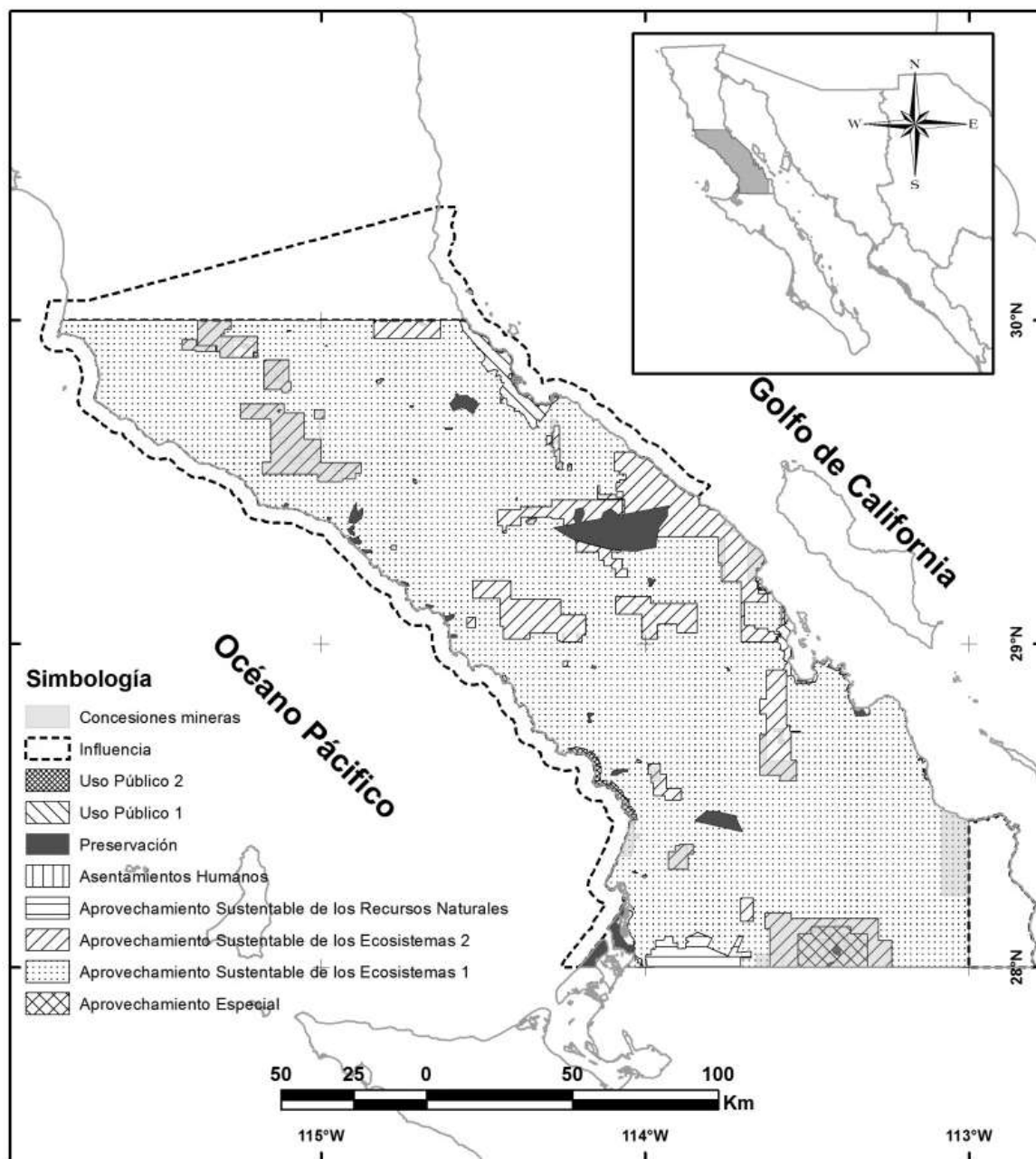


Figura 7. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 con la zonificación del APFF Valle de los Cirios.

6.4.2. Reserva de la Biósfera El Vizcaíno

El área de la RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre corresponde al Sitio de Patrimonio Mundial (Natural) Laguna Ojo de Liebre del PM de la RB El Vizcaíno (INE, 2000). El Vizcaíno también incluye otros dos denominaciones Unesco, la Laguna San Ignacio y la Sierra de San Francisco (Patrimonio Mundial Natural y Cultural, respectivamente) (Tabla XVI, Fig. 8). Además desde 2004, Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio son humedales de importancia internacional (Ramsar-Conanp, 2015). A pesar de estas denominaciones de protección y del mismo decreto de ANP, en el 80% de la superficie total de la reserva se permite la actividad minera.

Destacan tres grandes concesiones mineras en la Laguna Ojo de Liebre (sobre sal marina) donde la zonificación del PM permite la minería. Pero otra más (de gran tamaño también) se ubica sobre la Laguna San Ignacio donde no se permite. Estas cuatro concesiones se traslapan parcialmente con zonas núcleo, donde el PM tampoco permite la minería.

Al oriente de la reserva, existe una concesión de minería metálica cancelada que se traslapa con la zona núcleo Vertiente de California donde también se prohíbe la minería así como con una parte de la Sierra de San Francisco.

Los títulos de concesión en el área de Santa Rosalía, donde operan Minera y Metalúrgica El Boleo y la Compañía Occidental S.A. declaran los siguientes minerales en orden decreciente: yeso, cobre, zinc, cobalto, manganeso, plata, oro, plomo. Todas estas coinciden con la zona de Amortiguamiento, donde se permite de forma generalizada la actividad minera.

Tabla XVI. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el RB El Vizcaíno hasta 2010.

Zonificación	Permite Minería	No permite Minería
Zona Núcleo		<u>5 470</u>
Zona de Amortiguamiento		
Zona de Aprov. Sust. de los Recursos Naturales	111 616	
Zona de Uso Restringido	15 370	
Sitios de Patrimonio Mundial		
Laguna Ojo de Liebre	20 666	
Laguna San Ignacio		<u>35 513</u>
Sierra de San Francisco	0	
	147 653	<u>40 984</u>

Marcado en gris, la permisividad o prohibición para la actividad minera en las zonas determinadas en el programa de manejo. Las cifras subrayadas son superficies en zona prohibitiva (Aprov.Sust: aprovechamiento sustentable).

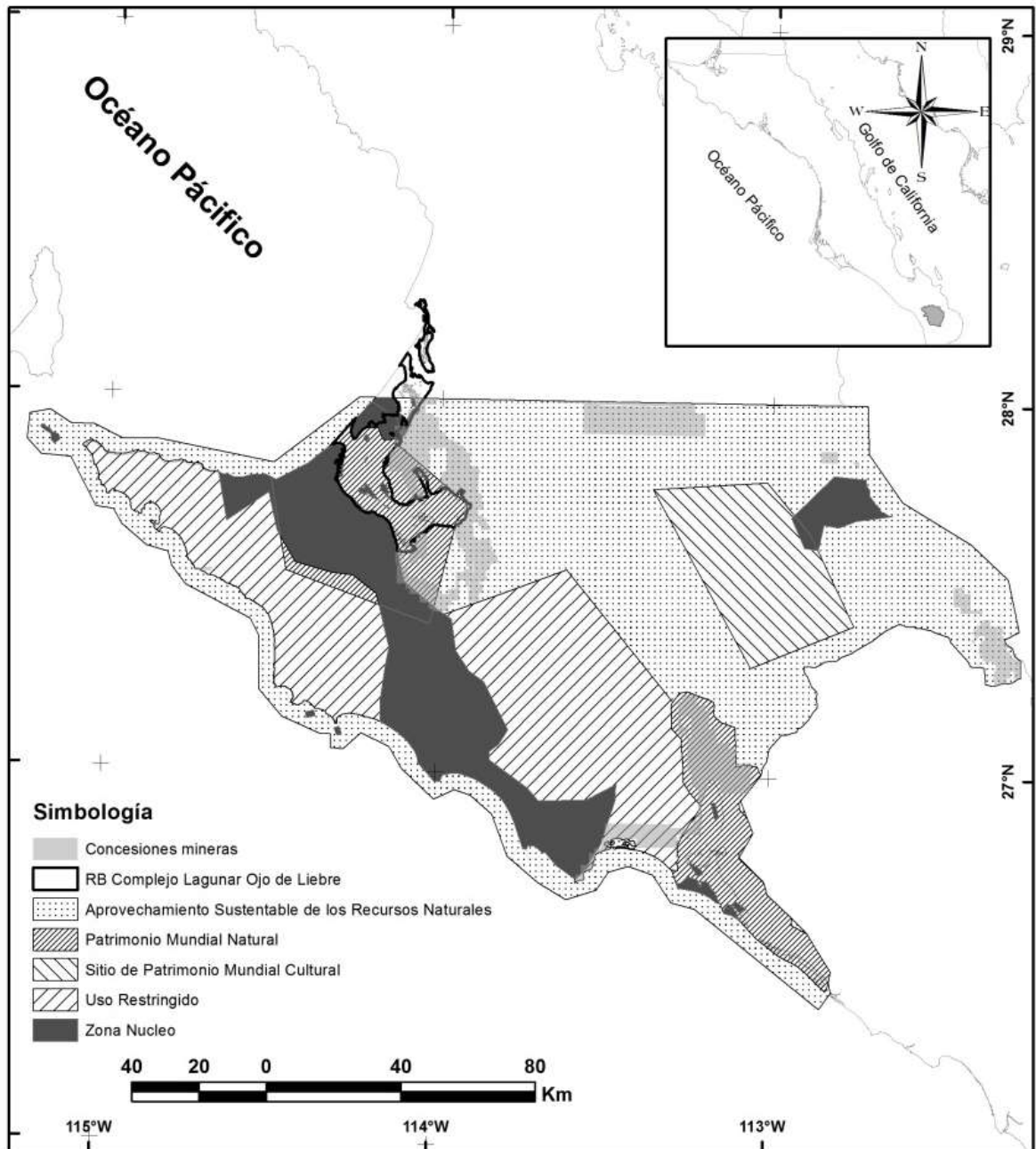


Figura 8. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 a la zonificación de la RB El Vizcaíno y RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre.

6.4.3. Reserva de la Biósfera Sierra (de) La Laguna

Se encontró un total de 9,192 ha de concesiones mineras en esta reserva (Tabla XVII). Su zonificación (Conanp, 2003) contempla dos áreas donde permite la explotación minera, llamadas sub-zonas de Aprovechamiento Especial. La zonificación restante no permite la minería, pero en algunas de estas sub-zonas también se encontraron concesiones mineras. Estas son las denominadas: Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas, Asentamientos Humanos, Recuperación y Uso Tradicional (Fig. 9).

Las concesiones que coinciden con la sub-zona de Aprovechamiento Especial, corresponden al proyecto minero Los Cardones, para minería de oro, aunque en los títulos de concesión se mencionan los siguientes minerales en orden decreciente: plata, cobre, plomo, zinc, molibdeno, antimonio, bismuto, arsénico, cadmio y wolframio (tungsteno).

Tabla XVII. Superficies concesionadas (hectáreas) a la minería por Secretaría de Economía en el RB Sierra la Laguna hasta 2010.

Subzonificación	Permite Minería	No permite Minería
Zona Núcleo		
Subzona de Protección		0
Subzona de Uso Restringido		0
Zona de Amortiguamiento		
Subzona de Uso Tradicional		<u>5 374</u>
Subzona de Aprov. Sust. de los Recursos Naturales 1		<u>422</u>
Subzona de Aprov. Sust. de los Recursos Naturales 2		0
Subzona de Aprov. Sust. de Agroecosistemas		<u>116</u>
Subzona de Aprovechamiento Especial	1 913	
Subzona de Uso Público 1		0
Subzona de Uso Público 2		0
Subzona de Asentamientos Humanos		<u>36</u>
Subzona de Recuperación		<u>1 331</u>
	1 913	<u>7 279</u>

Marcado en gris, la permisividad o prohibición para la actividad minera en las zonas determinadas en el programa de manejo. Las cifras subrayadas son superficies en zona prohibitiva (Aprov. Sust: aprovechamiento sustentable).

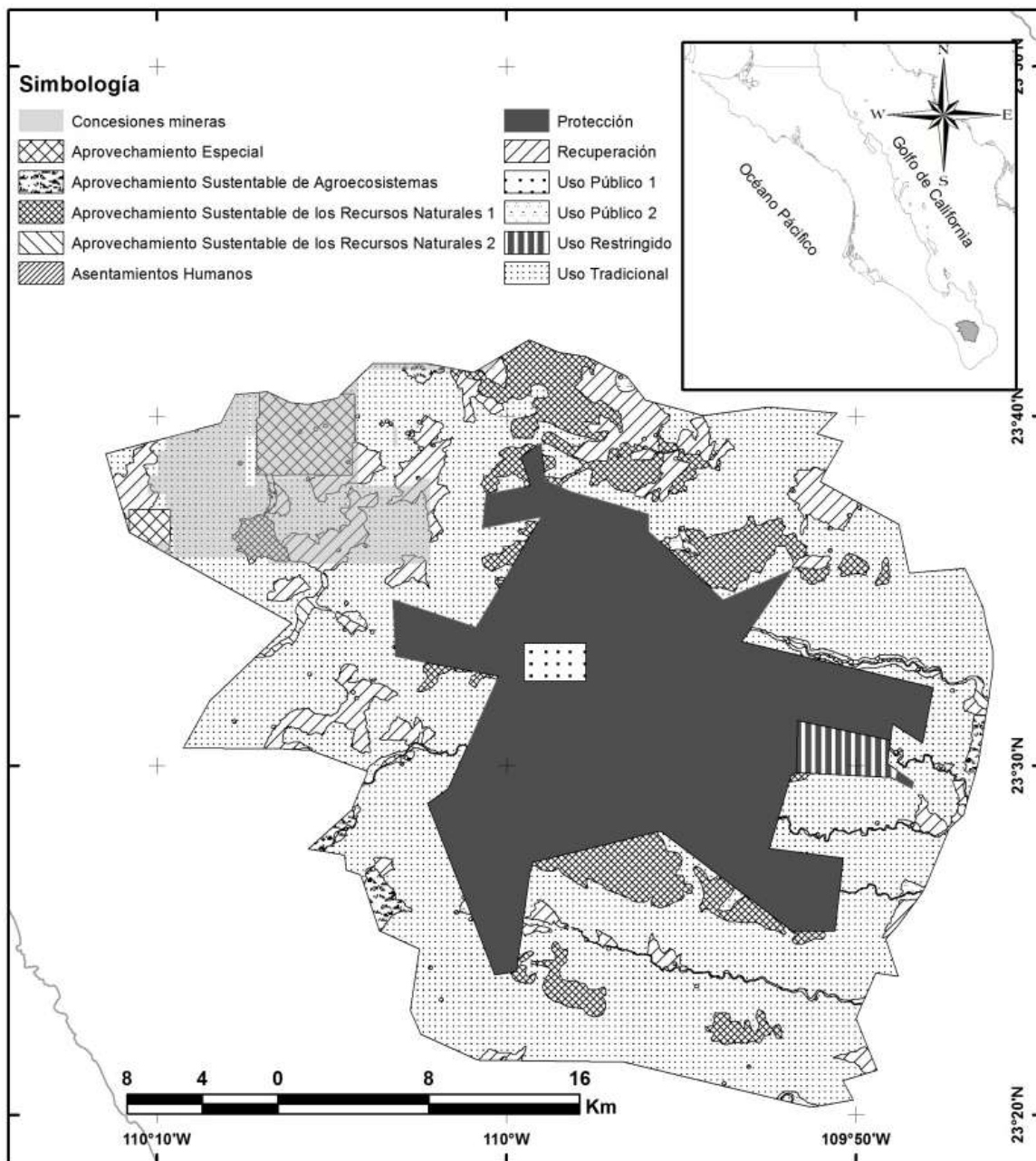


Figura 9. Superposición de concesiones mineras otorgadas por SE hasta 2010 a la zonificación de la RB Sierra La Laguna.

6.5. Perfil de las actividades mineras en los Programas de Manejo (PM)

Los programas coinciden en no establecer un perfil específico de minería permisible o no permisible en cada ANP, pero mencionan ciertas características generales (Tabla XVIII), así como la legislación e instituciones a los que deben ajustarse para llevar a cabo las actividades mineras en las zonificación destinada a ello. Principalmente hacen referencia a que deben ajustarse a la normatividad ambiental, los objetivos del ANP y obtener el permiso de la autoridad competente (Tabla XVIII).

En relación a la coherencia con los objetivos de las ANP, un objetivo relevante que puede ser afectado irreversiblemente por cierta actividad minera en Valle de los Cirios y Sierra La Laguna es la conservación de los ciclos hidrológicos. Estos siempre son importantes pero que dadas las características de la aridez peninsular son de vital importancia en toda su área de influencia. El PM de Sierra La Laguna hace énfasis en que es esta sierra es la única alternativa que garantiza el suministro de agua a toda la región sur de Baja California Sur, la más productiva del estado. Otro objetivo común para las tres ANP es la protección de un elevado número de especies endémicas y/o en categoría de riesgo, lo cual siempre se relaciona a la protección de los procesos ecológicos e integridad del hábitat de especies residentes y migratorias.

El PM de Sierra La Laguna es el único en mencionar a la minería a cielo abierto como parte de la problemática de la reserva y una amenaza para la biodiversidad.

Los tres programas consideran necesario establecer medidas y criterios para el tipo de minería deseable, así como de ordenamiento ambiental de la minería en ANP, en coordinación con instituciones académicas y mineras.

Aunque en cada ANP, la subzonificación determina las áreas donde puede realizarse la actividad minera, el PM de Valle de los Cirios menciona que cuenta con un “mecanismo innovador” en el que es posible modificar las subzonas donde se permite la exploración minera en subzonas de explotación (Aprovechamiento Especial). Siempre y cuando se trate de “minería orientada a la

sustentabilidad”, se puede solicitar por medio del análisis y opinión del Consejo Asesor y demostrando técnicamente la necesidad de tales adecuaciones (según lo establece el Art. 78 del RANP-LGEEPA).

Según el mismo programa (VDC), la minería orientada a la sustentabilidad dentro de un ANP, debe entenderse como una actividad productiva en donde la realización de la misma debe sujetarse a medidas preventivas en beneficio del medio ambiente, de mitigación durante el transcurso de sus operaciones, y de restauración al concluir la vida útil de los proyectos, permitiendo de ser el caso, dar un uso posterior a los terrenos a fin de permitir en el futuro un uso beneficioso de la tierra una vez que concluyan las operaciones mineras.

Tabla XVIII. Comparación entre las condicionantes mencionadas en los Programas de Manejo respecto a los proyectos mineros que pretendan efectuarse en Valle de los Cirios (VDC), El Vizcaíno (EV) y Sierra La Laguna (SLL).

Características que debe tener la actividad minera en las ANP terrestres de la Península de B.C. según sus programas de manejo	VDC	EV	SLL
Siempre que se realice con técnicas tradicionales (exploración y explotación).	X		
Se permitirán las actividades mineras que ya se vienen realizando cotidianamente en zonas y subzonas determinadas.	X	X	X
Deberá ser compatible a los objetivos de conservación del ANP (exploración y explotación).		X	X
Deberá llevarse a cabo en conformidad con los términos de los instrumentos legales y reglamentarios aplicables (exploración y explotación).	X	X	X
Deberá hacerse bajo esquemas de sustentabilidad (exploración y explotación) o bien, para el aprovechamiento sustentable de los recursos.	X	X	X
Que cuenten con la autorización expedida por la autoridad competente (actualmente la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Semarnat).	X	X	X
Siempre que se evite la degradación del suelo y en predios que tengan aptitud para este fin (exploración y explotación).	X		
Debe incluir todas las tecnologías que se requieran para alcanzar la seguridad física y la protección ambiental a largo plazo en los alrededores de la instalación.	X		
Deben aplicarse estrictos programas de prevención y mitigación de impactos negativos.	X		
La disposición final de aguas, gases y desechos sólidos derivados y/o utilizados en todo procesamiento mineral, se efectuará fuera del ANP y en los sitios señalados específicamente por la autoridad ambiental.			X

7. DISCUSIÓN

La protección que otorgan las ANP sobre la propiedad de las tierras, según los límites impuestos por la Constitución se refieren exclusivamente a la superficie de los predios, ya que la propiedad del subsuelo y de los recursos que contiene, así como el de todas las aguas continentales y marinas se considera del dominio de la nación (Bezaury-Creel *et al.*, 2009).

La situación que enfrentan recientemente muchas de las ANP del país respecto al traslapeo minero, se debe principalmente a su coincidencia con áreas mineralizadas de importancia económica y a que la minería es considerada una “actividad preferente y de utilidad pública” (Art. de la Ley Minera, regulatoria del Art. 27 Constitucional que regula los bienes nacionales; López y Eslava, 2011). Debido a esto, fuera de las reservas mineras del país, las concesiones se otorgan en cualquier sitio del territorio nacional y actúan sobre los minerales del subsuelo.

En general las ANP que coincide con intereses mineros, se ubican en las principales cadenas montañosas de México (Sierra Madre Occidental, S.M. Oriental, Altiplano Central, Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre del Sur y las sierras bajacalifornianas). Según Coll-Hurtado *et al.*, (2002) a excepción de la península de Yucatán y de la mayor parte de las llanuras costeras en donde se encuentran minerales no metálicos, en el resto del país abundan los depósitos de minerales metálicos asociados generalmente a la actividad magmática y metamórfica. En lo particular se encontraron diferencias entre estas ANP con concesiones y proyectos mineros, según sus categorías de manejo, lo cual se comenta más adelante.

7.1. Concesiones mineras

Durante la captura del estatus de las concesiones mineras, el Sistema Integral de Administración Minera proporcionaba información sobre el estatus de las concesiones (exploración/ explotación), la cual logró capturarse casi en un 80%, y con esta información se encontró que la mayoría se encontraban en exploración. Sin embargo, el SIAM dio de baja esta información que al parecer

provenía del sistema de clasificación anterior de las concesiones (según la Ley Minera de 1992, Art. 10), que las dividía en estos dos tipos. En la Ley Minera de 2014 (Art. 19-I), todas las concesiones otorgan el derecho a las dos actividades, siempre y cuando se obtengan los permisos necesarios.

A la fecha la información del estatus no está concentrada en un portal SIG actualizado ni con información completa, sino que se menciona el estatus de avance de los proyectos sólo con capital extranjero por estado y es información no georreferenciada (portal SGM, Minería en México). La única fuente de datos georreferenciados, es la de los principales proyectos mineros y grandes yacimientos (GeoInfoMex); los cuales (como ya se mencionó), se encuentran en algún estatus entre la obtención de permisos y la operación activa; en general son proyectos de minería metálica y los más relevantes de minería no metálica.

Aunque según estas fuentes, la mayoría de las concesiones mineras se encuentran en fase de exploración, vale recordar que la vida de una concesión es de 50 años y pueden ser renovadas automáticamente. Este tipo de concesiones permiten la investigación para asegurar la cantidad y factibilidad de los minerales para ser extraídos. Durante este tiempo las compañías mineras también pueden esperar a la mejor cotización del metal para iniciar la explotación (especialmente el oro) (López y Eslava, 2011; Ruiz, 2004); estas venderán en un futuro la mina (Ruiz, 2004) y lo emplean para la obtención de los permisos para explotar (USGS, 2012), así como obtener el permiso de uso de suelo municipal. Pueden ocurrir muchos años sin que pasen al estatus de explotación; si las condiciones no son adecuadas, las concesiones pueden ser transferidas de dueño en dueño; sin embargo, esta aparente inactividad del estatus de exploración, no indica que la mina no será instalada.

7.2. Sobre la permisividad de la minería en la LGEEPA y las categorías de manejo

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) menciona que las categorías APFF (áreas de protección de flora y fauna), APRN

(áreas de protección de los recursos naturales) y RB (reservas de la biósfera) pueden tener zonas de “Aprovechamiento Especial” donde la minería es permitida siempre y cuando no ocasione deterioro ecológico al ecosistema, modifique el paisaje sustancialmente u ocasione impactos ambientales irreversibles (Anexo 2; Art. 47 Bis 1, LGEEPA, 2012; 2013).

En este estudio se encontró que esas categorías tienen mayor incidencia de concesiones y proyectos mineros, sin embargo cabe mencionar que en la mayoría de los casos las concesiones estuvieron dentro y fuera de las áreas delimitadas (Fig. 6, 7, y 8) y que la minería metálica (que se realiza principalmente a gran escala) definitivamente no es una actividad de bajo impacto. Mientras que en monumentos naturales (MN), parques nacionales (PN) y santuarios (S), están permitidas sólo algunas actividades por zonas, entre las cuales, no está la de Aprovechamiento Especial (Anexo 2). En estas categorías, aunque se presentaron concesiones mineras en menor incidencia, no se encontraron proyectos mineros dentro de sus superficies.

De lo anterior, se deduce que estas categorías están fungiendo como barrera de protección para que las concesiones no puedan pasar a la explotación, al menos de los proyectos que el Servicio Geológico Mexicano considera de mayor importancia, como lo son los “principales proyectos” y “grandes yacimientos”. Habría que hacer una revisión más profunda para saber si hay proyectos de minería a pequeña escala y de minerales no metálicos en estas categorías.

7.3. Algunas consideraciones sobre la zona búfer

Comúnmente los traslapos de las concesiones mineras en ANP también muestran las actividades cercanas a los límites de sus áreas decretadas, las cuales pueden incrementar su vulnerabilidad. Este es el caso de e.g. Sierra La Laguna, Sierra Manantlán, Janos y Tutuaca. Dentro de las ANP pequeñas, la situación en este sentido es más adversa. Tal es el caso de Rayón, que además de estar traslapada al 100% por concesiones, está rodeada en los primeros 10 km

por concesiones de más de 600 veces la superficie del ANP; de forma similar está Sierra La Mojonera con 86% de traslapo y rodeada por concesiones de más de 5 veces su extensión; El Chico traslapado en un 55%, y rodeado por concesiones que duplican la extensión del ANP.

Otras ANP son traslapadas en bajos porcentajes pero rodeadas de concesiones relativamente grandes, tal es el caso de Playa de Mismaloya, Playa El Verde Camacho, Cascada de Bassasseachic, Cerro del Garnica. Y por último hay 32 ANP que no presentan traslapos con concesiones pero que sí las presentan en los primeros 10 km de búfer. Las concesiones que las rodean pueden alcanzar hasta 530 veces la extensión del ANP (Playa El Tecuán).

Ya en concreto, hasta Diciembre de 2015, había 117 proyectos mineros que están en los primeros 25 km de las ANP, 33 de estos proyectos se ubican cuenca arriba con un ANP. Estas cantidades se actualizan periódicamente (Geoinfomex) al igual que las concesiones mineras (SIAM).

A pesar de los severos impactos ambientales ocasionados por la minería metálica moderna (Kempter y Frenzel, 2000; Bridge, 2004; Akcil y Koldas, 2006; Aleksander-Kwaterczak y Helios-Rybicka, 2009; Antoninova *et al.*, 2012; Bird *et al.*, 2009; Olías *et al.*, 2011; Wireman y Stover, 2011); es sorprendente que se pretenda compatibilizarla con los objetivos de conservación de las ANP. El 73% de las concesiones dentro de las ANP son para minería metálica, y sin olvidar el contexto de la minería metálica en México, que prácticamente se realiza a gran escala (98-100%) (SGM, 2013).

Los impactos no se limitan a la biodiversidad y a las comunidades humanas que habitan las ANP, donde una amplia área de influencia es inminente y la cual no ha sido aún evaluada. Este es el caso de las ANP que se localizan en las montañas altas (e.g. El Triunfo, Sierra La Laguna, Los Tuxtlas, Tutuaca, Sierra de Manantlán, Sierra del Abra Tanchipa) o de las cuencas de los distritos nacionales de riego (001, 004, 026 y 043) que tienen un rol especial como reservorios de agua y que se distribuyen rodeando áreas que pueden ocasionar

escasez de agua y contaminación en sus áreas de influencia, así como en las actividades que dependen de ellas.

Arriaga *et al.* (2009) mencionan que las regiones hidrológicas prioritarias de mayor concentración y extensión son las que se localizan a lo largo de la Sierra Madre Occidental y las cuencas aluviales del norte, específicamente en las partes altas de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit y Jalisco. Por lo tanto, una medida de protección efectiva de las reservas de agua y de la biodiversidad contra los efectos de la minería metálica a gran escala, podrían ser prohibir las concesiones mineras en las zonas altas en donde se realiza la recarga de acuíferos, necesaria para la conservación de la biota (incluyendo las actividades humanas) en la parte media y baja de la cuenca.

Como se mencionó en el marco teórico, actualmente hay suficiente evidencia para saber que la contaminación por desechos mineros (o por otras fuentes) puede extenderse por extensas áreas principalmente a través del material particulado atmosférico (escala continental y global) y a través del escurrimiento hídrico superficial y subterráneo (escala a nivel paisaje y regional) (Anexo 3, Fig. 10; Csavina *et al.*, 2012).

Por otro lado, el reforzamiento con una zona de búfer fuera de los límites de cada ANP es considerada como un requerimiento mínimo para reducir los impactos directos de la mega minería metálica, ya que en ocasiones las zonas núcleo de las ANP pueden localizarse en las periferias.

7.4. Indicador de Generación de Residuos Potencialmente Tóxicos por Explotación Minera

Aunque el indicador es susceptible a optimizarse, ha sido útil para mostrar las diferencias que presentan los proyectos mineros en cuanto a generación de residuos EPT de forma total y en las variantes que tiene cada componente de una explotación minera (escala, mineral a extraer, procesos empleados, etc.).

Las puntuaciones altas fueron para proyectos mineros de minería metálica, que fueron mayoría. Esto se atribuye principalmente a un mayor número de

procesos para la obtención del producto final, por las grandes cantidades de desechos generados y porque muchos de los proyectos se hacen a gran escala.

Se ha hablado poco de la minería no metálica, y no es que esté exenta de impactos ambientales y elementos potencialmente tóxicos, tal es el caso por ejemplo de la fluorita, el yeso, la sal marina, el carbón (Anexo 1) y la fosforita (Baturin y Kochenov, 2001; Baturin, 2006; Sabiha-Javied *et al.*, 2009), cuyos elementos de acompañamiento que son liberados en la extracción pueden ser altamente contaminantes si se producen en grandes cantidades y al asimilarse en las redes tróficas por fenómenos como la biodisponibilidad, bioconcentración, etc. (Hall, 2002a).

Incluso en minerales como la sal marina que genera relativamente poco desecho (5.1% aproximadamente; a partir de datos de Ponce, 2002), si se produce en enormes cantidades y los desechos son devueltos al ambiente sin ningún tratamiento, el resultado puede ser adverso para la biota en distintas formas. Este es el caso de Laguna Ojo de Liebre (RB Complejo Lagunar Ojo de Liebre), que después de casi seis décadas de acumulación de los desechos de la producción de sal marina (amargos), ha sido reconocido como sitio contaminado y prioritario por la Semarnat (Mendoza, 2015) y sus efectos han sido en el medio marino y costero han sido en realidad escasamente evaluados.

Aunque en la valoración del indicador IGRPT este proyecto minero no obtuvo una de las valoraciones más altas (52), se considera generación media, debido principalmente a su escala de extracción (gran minería (+); Anexo 1, Tabla XX). Aunque el factor de tiempo acumulativo de producción de los proyectos mineros se consideró parcialmente para aquellos proyectos que llevan más de 3 décadas de operación, esto debe ser ajustado con mayor precisión cuando se disponga de esta información en todos los proyectos que están operando.

Este indicador (IGRPT-PM) puede ser útil en evaluación y comparación de proyectos mineros; en la identificación de los elementos que incrementan los residuos EPT en un proyecto; y en la selección de cuántos y cuáles proyectos

mineros que pueden o no instalarse en ANP, sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad o de la seguridad hídrica.

Al emplearlo a escala regional, *e.g.* por ANP, puede aplicarse a todos los proyectos que estén en evaluación ambiental (incluyendo otros a menor escala y sobre minerales no metálicos) y a los que ya están instalados, ayudando a tomar decisiones a partir de la suma total.

7.5. Indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza, según las categorías de manejo

En las categorías de manejo MN-PN-S, cuatro ANP resultaron con valoración “muy altas” de amenaza (Benito Juárez, Yagul, Sierra de Órganos y Los Mármoles) y una “alta” (Rayón), lo hicieron por estar rodeadas de varios proyectos mineros. Recordando que para valorar la amenaza en las categorías MN-PN-S no se consideraron los proyectos mineros dentro de las ANP (no presentan y no se permiten), sino sólo a los que se encuentran en sus búferes. La amenaza en estas ANP puede tener mayor relevancia, tomando en cuenta su escasa extensión (tres de ellas <3,000 h).

Por otro lado, las concesiones en el búfer de estas categorías toman importancia de acuerdo a su relación proporcional a la superficie del ANP. En el caso de estas categorías, 19 ANP tienen una superficie menor a 1,000 hectáreas, lo cual hace que incluso una concesión de tamaño estándar ubicada en el búfer, pueda ser proporcionalmente relevante (el 88% de las concesiones son menores a 1,000 h). Aunque estas ANP pequeñas aún no tienen proyectos mineros en sus búferes (exceptuando Rayón), la instalación de un proyecto elevaría el nivel de amenaza, pero considerando su escasa superficie se traduciría en un mayor impacto potencial.

Es así, que la superficie decretada podría considerarse un atributo de la sensibilidad del ANP (así como otros biofísicos *e.g.* clima, sismicidad, ubicación de acuíferos, porosidad del suelo, etc.), en el contexto de la evaluación integral de vulnerabilidad de un sistema (en este caso el ANP). Estos atributos de

sensibilidad contribuyen a maximizar o atenuar el impacto que la perturbación de la amenaza pueda tener sobre el sistema (McCarthy *et al.*, 2001; Adger, 2004).

Aunque para valorar la amenaza tampoco se consideró el porcentaje de traslapo de las ANP con categoría MN-PN-S, ya que a la fecha no avanzan hasta ser proyectos mineros, en un futuro debe considerarse si se propone su re-categorización hacia APFF, APRN o RB.

Las ANP con las categorías APFF-APRN-RB se encuentran en una situación de mayor amenaza ambiental, debido principalmente a proyectos mineros dentro de las áreas decretadas de 13 de ellas. Son preocupantes los casos de el APRN CADNR043 San Martín y el APFF Tutuaca con valores de amenaza que de hecho exceden a otros en la misma categoría de “muy altos”, debido a que tienen varios proyectos mineros dentro del área decretada (11 y 5 respectivamente) y en el búfer (11 y 6), algunos de los cuales, ya están en operación (dentro y fuera). Estas ANP coinciden con zonas mineralizadas principalmente en oro y plata de la Sierra Madre Occidental.

La mayoría del grupo con categorías APFF-APRN-RB son ANP que tienen arriba de 100,000 ha de superficie decretada, e incluso 4 de ellas tienen más de 1,500,000 ha cada una. Arriba de las 56,000 ha se presentan los 13 casos de ANP con proyectos mineros, lo cual puede explicar la moderada (casi alta) correlación estadística del número de proyectos mineros con las concesiones mineras dentro de ANP (0.69) y a su vez la fuerte relación de la superficie traslapada con concesiones y la superficie decretada de las ANP. Esto podría atribuirse a que en las ANP con mayor superficie decretada, puede asignarse una mayor superficie en las zonas de Aprovechamiento Especial, suficiente para instalar una extracción a gran escala, o bien.

Cabe mencionar que ninguna de las Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN) cuenta con programa de manejo, lo cual es una situación que intensifica su vulnerabilidad, al no quedar delimitadas las zonas donde se permite y se prohíbe la explotación minera, así como algunos otros aspectos de reglamentación y condiciones hacia esta actividad. La mayoría de las ANP de

esta categoría tienen concesiones mineras (6 de 8); además presentan el mayor número de proyectos mineros entre las otras categorías de manejo (13 en total).

Anteriormente las APRN fueron Zonas Protectoras Forestales Vedadas, cuyos decretos originales no permitían actividades comerciales, a excepción de la explotación local de madera para sus habitantes (e.g. DOF-20/10/38; DOF-03/08/49); por lo que al modificar sus decretos a APRN, se abrió la posibilidad de tener toda la gama de zonificación para diversas actividades humanas, incluyendo la explotación minera (DOF-09/09/02; DOF-07/11/02). En realidad este cambio, al no ser acompañado por programas de manejo y de otras estrategias administrativas para fortalecerlas, abrió amplias posibilidades a la explotación mineras.

Otro aspecto que cabe recordar es que el enfoque de protección de las APRN está encaminado hacia la protección de las cuencas hidrográficas en varios casos (las cuencas de los distritos nacionales de riego 001, 004,026 y 043; las zonas protectoras forestales vedadas que protegen las cuencas Valle de Bravo/ Malacatepec/ Tilostoc/ Temascatepec y la del Río Necaxa). Este enfoque de protección hidrológica de algunas ANP es una herencia de las iniciativas y esfuerzos de Miguel Ángel de Quevedo en las décadas de 1930 y 1940 (Carabias *et al.*, 2005); que ahora está en desuso y que va en detrimento de la misma biodiversidad que pretende protegerse, ya que la conservación del ciclo hidrológico y la calidad del agua es una estrategia de conservación de la biodiversidad de los ecosistemas en un sentido más amplio. Arriaga *et al.* (2009) destacan en su evaluación de las regiones hidrológicas prioritarias, que particularmente los desechos mineros son una de las principales causas que contribuyen a la contaminación de acuíferos someros y profundos en México (Arriaga *et al.*, 2009).

7.6. Sobre los programas de manejo de ANP

Recientemente (2013-2015) se han elaborado y publicado programas de manejo de las ANP donde hay proyectos mineros en alguna fase de avance más

allá de la exploración (los que son considerados en Geoinfomex). Los programas de Tutuaca, Valle de los Cirios, Médanos de Samalayuca, Zicuirán-Infiernillo ya consideran las concesiones mineras en algún tipo de zonificación permisiva para la minería (Aprovechamiento Especial) o no permisiva (cualquier otra). En programas de manejo anteriores, se habían considerado también zonas de Aprovechamiento Especial (Mariposa Monarca, Sierra La Laguna, Sierra de Huautla) (programas de manejo en conanp.gob.mx).

Otros se encuentran en proceso de elaboración, los cuales incluirán zonificación para concesiones y proyectos (Sierra Gorda de Guanajuato y Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui). En el resumen del programa de manejo de la Sierra de Álamos (DOF-15/07/15) se menciona que se permite la exploración y explotación mineras en una Sub-zona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales, lo cual es una falta a la LGEEPA, ya que en esta delimitación sólo se permite el aprovechamiento de recursos renovables (Art. 47 Bis II-C).

Los programas de manejo que incluyen el Aprovechamiento Especial en su zonificación recientemente adquirieron aún mayor relevancia, ya que en la reforma de 2013, la LGEEPA menciona que las actividades en esta zona se harán “con apego estricto a los programas de manejo emitidos por la Secretaría” (es decir, la Semarnat) (Art. 47 BIS-II-e). Esto aunque pudiera parecer un reforzamiento a la protección del ANP en cuestión, puede ser una desventaja (o servir de poco) si los programas son permisivos y poco precisos a la hora de definir un perfil más preciso de minería permisible.

7.6.1. Abordaje de la minería en los Programas de Manejo de ANP de la Península de Baja California

Los programas de manejo implementados en los años 2000 (RB El Vizcaíno), 2003 (RB Sierra La Laguna), incluso el de SLL incluso llegó a considerar a la minería metálica como una amenaza. Quedaron rezagados con la proliferación de concesiones mineras otorgadas entre 2000 y 2010 (López y Eslava, 2011) por lo que no consideraron todos los aspectos necesarios que

involucra el nuevo modelo extractivo minero, incipiente en México durante los años 90. Asimismo, no contemplaron la literatura sobre los impactos ambientales que dejaron los sitios mineros relacionados a El Vizcaíno y Sierra La Laguna.

Los programas de manejo mencionan respecto al uso del suelo, que en los suelos donde hubo actividades mineras, deben seguir con la misma vocación, asumiendo erróneamente que la minería actual será de un perfil similar a la del pasado. En la región que ahora corresponde al APFF Valle de los Cirios, la minería de los metales preciosos tuvo una época de auge entre los años de 1870 y 1900, pero luego decreció notablemente en las primeras décadas del siglo XX. Durante este auge, varias minas sobre todo de oro, operaron en la región del Valle de los Cirios, creando algunos asentamientos (Conanp, 2013).

La extracción de oro en Baja California fue minería de placer a escala artesanal, en la que no se empleaban sustancias químicas, obteniendo el metal mediante el tamizado con agua o inclusive en seco, debido a la aridez de la zona (Heath, 2002). En el caso de Valle de los Cirios, el proyecto minero para extracción de metales industriales llamado El Arco (del Grupo México), no tendría lugar en el contexto de que su perfil no coincide con la minería antigua y tradicional, aún con que en el programa de manejo se localice en la zona de Aprovechamiento Especial. El área de influencia del proyecto del Grupo México, además cubrirá indefectiblemente las pequeñas áreas de Preservación para el Garambullo Monstruoso. Este es motivo suficiente para la no aprobación ambiental de este proyecto (Art. 35-III-a, LGEEPA).

En la actual superficie de Sierra La Laguna no existieron minas anteriormente, pero sí en el área aledaña de San Antonio y El Triunfo, donde se extrajo oro a pequeña escala (se removieron no más de 50 t diarias durante su operación según datos de Rivas, 2002). En la antigua mina El Boleo que hoy corresponde a la superficie de El Vizcaíno, la extracción se hizo a mediana escala en sus momentos de máxima producción (1,000 t diarias de mineral extraído; Rivas, 2002).

En los dos sitios mineros la extracción se hizo a nivel subterráneo y la concentración (o ley de corte) de los metales era más alta que en la actualidad. En El Boleo la ley de corte del cobre fue desde 20% en 1860 (Romero-Gil, 2001), hasta 3.6% en 1910 (a partir de datos de Rivas, 2002); y 1.6% en la concentración actual (MIA El Boleo, 2006). En los distritos mineros San Antonio y El Triunfo, las leyes anteriores para el oro eran de 0.127% en 1879, 0.029% en 1909 (con datos de Rivas, 2002) hasta 0.0001% en la actualidad (12-II, Minera Pitalla, 2012).

Aún con que la extracción minera en estos dos sitios se hizo a menor escala y en leyes más altas (por lo que generaban relativamente menos desechos), sus impactos ambientales han perdurado a la fecha.

La antigua mina El Boleo (ahora parte de RB El Vizcaíno) desde fines del s. XIX y a la primera mitad del s. XX dejó un total de 3,000,000 t de escorias de fundición en tierra, una cantidad no cuantificada dentro del mar, y cerca de 1,375,358 t de jales (Volke *et al.*, 2003) dejando altas concentraciones de metales pesados e incluso radiactivos en la zona (Rodríguez-Figueroa *et al.*, 2009; Schumilin *et al.*, 2011; Muñoz-Barbosa y Huerta-Díaz, 2014; Schumilin *et al.*, 2013).

Por otro lado, El Triunfo-San Antonio con más de 100 sitios mineros donde se explotó oro y plata entre el s. XVIII y principios del s. XX, se estima que permanecen aproximadamente 800,000 t de desechos mineros con altas concentraciones de arsénico y aproximadamente 600,000 t de arsenolita pura abandonada en cámaras (Carrillo y Drever, 1997). Volke-Sepúlveda *et al.* (2003), Marmolejo-Rodríguez *et al.*, (2011) y Sánchez-Martínez *et al.* (2013) encontraron concentraciones extremadamente enriquecidas de arsénico, mercurio, plomo y zinc en las cenizas y jales mineros del antiguo sitio minero. El viento y la lluvia promueve su distribución a lo largo del arroyo hasta el Océano Pacífico; la concentración de arsénico en algunos acuíferos de la zona alcanza los 400 µg L⁻¹ (Cassassuce *et al.*, 2005) cuando el límite permitido en México es de 25 µg L⁻¹ (NOM-127-SSA1-1994).

Como consecuencia de esta situación, se han encontrado niveles altos y peligrosos de arsénico en la orina de habitantes de dos cuencas de esta antigua zona minera, en la tercera parte de la población aledaña se excede el límite permisible (Colín-Torres *et al.*, 2014). Por otro lado se encontró una alta mortalidad ($31\pm 12\%$) e inhibición del crecimiento ($53\pm 24\%$) en bioindicadores de contaminación con sedimento de la zona (Sobrino-Figueroa *et al.*, 2015).

La minería actualmente cuenta con avances tecnológicos y de infraestructura que los modelos mineros anteriores no alcanzaron (los reales de minas, los minerales y la minería gambusina; Sariego, 2011), por lo que su capacidad de extracción y procesamiento es exponencialmente mayor, a la par de la generación de desechos (Lottermoser, 2010).

A pesar de que el programa de manejo del APFF Valle de los Cirios se publica en 2013 (23 años después de su decreto como ANP), tampoco define el tipo de impactos mineros no permisibles en el área de su jurisdicción. La actividad minera es considerada como una actividad productiva más, sin dejar claras las diferencias entre minerales extraídos, métodos y cantidades de extracción. Ejemplo de esto se encuentra en el apartado de actividades antropogénicas que pueden ocasionar impactos, menciona que “la actividad minera tiene impactos puntuales”, descripción simplista que omite los conocidos impactos ambientales negativos a nivel regional y a largo plazo de la minería metálica industrial, ya que desde los años 90 se contempla la extracción de cobre bajo este perfil en la zona de El Arco.

La zonificación se ajusta a las concesiones mineras otorgadas por Secretaría de Economía, en la Zona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas 2 donde puede llevarse a cabo la exploración minera, y que mediante tramitación ante Semarnat, se puede solicitar el cambio de uso de suelo para convertirla en zona de Aprovechamiento Especial. El programa de manejo menciona que muy pocas de estas concesiones se encuentran en explotación (p. 44) sin especificar cuáles y sus características.

En relación a los puntos en común que condicionan la actividad minera, puede resumirse que los tres PM confían en que la minería “que tiende a la sustentabilidad” queda suficientemente definida por las leyes y reglamentos en la materia, y que la autoridad ambiental que decide sobre la viabilidad de tales proyectos, tiene la preparación y suficiencia para evaluar correctamente los cientos de estudios de impacto ambiental de proyectos mineros (así como de los demás proyectos), a nivel federal, pues es la Dirección General de Riesgo de Impacto Ambiental de la Semarnat, quien los evalúa y resuelve. Una dirección con un número reducido de personas, son los tomadores de decisiones de la factibilidad ambiental de los proyectos mineros en ANP federales y fuera de ellas. Finalmente la conservación de una ANP depende en gran parte de la formación profesional y sensibilización ante la temática ambiental de los tomadores de decisiones, que como suele ocurrir, es insuficiente (Ezcurra, 1995), enfrentándose comúnmente a información errónea y/o falsa (Ezcurra en Cervantes, 2015); lo que vulnera la continuidad de los servicios ambientales, la integridad de los ecosistemas y contraviniendo a los objetivos mismos de creación del ANP.

Por otro lado, los programas de manejo de El Vizcaíno y Sierra La Laguna no mencionan la necesaria autorización de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas para realizar actividades de exploración y explotación mineras en ANP, la cual se tramita de forma independiente a la evaluación de impacto ambiental y cuya respuesta es independiente al resultado de esta (Art. 94 y 96 del RANP-LGEEPA y el Art. 20 de la Ley Minera). En el programa de Valle de los Cirios se menciona correctamente (p. 77) pero más adelante en las Reglas Administrativas (p. 127) dice que es autorización de Semarnat por conducto de la Conanp, cuando en realidad es facultad de la última.

De hecho, los programas de manejo deben incluir restricciones específicas hacia las actividades permitidas, según lo dice el RANP-LGEEPA (Art. 74): El programa de manejo de cada área natural protegida, deberá contener la especificación de las densidades, intensidades, condicionantes y modalidades a que se sujetarán las obras y actividades que se vienen realizando en las

mismas. Por otro lado, en los Términos de Referencia para Elaboración de Programas de Manejo de las ANP federales de Conanp, incluso se hace énfasis en “establecer de manera indubitable en qué forma se realizarán los aprovechamientos, mismos que deben ser congruentes con los realizados actualmente en el área protegida” (Conanp, S/A).

Un texto importante que debe mencionarse en los PM y se relaciona a lo anterior, está expresado también en el RANP-LGEEPA (Art. 81-II): Los aprovechamientos (entre ellos el minero) se llevarán a cabo mientras que se mantenga la cobertura vegetal, estructura y composición de la masa forestal y la biodiversidad; no se afecte significativamente el equilibrio hidrológico del área o ecosistemas de relevancia para el área protegida o que constituyan el hábitat de las especies nativas.

En la experiencia de RB Sierra La Laguna, la dirección de la reserva y la dirección regional de la Conanp, se han manifestado en contra del proyecto de minería metálica que pretende instalarse en la Subzona de Aprovechamiento Especial (Paredones Amarillos-Concordia-Los Cardones), con bastantes argumentos científicos y normativos. Esto aunque ha sido un gran acierto, queda a la discrecionalidad de los funcionarios en turno, por lo que la decisión sobre los permisos depende del criterio y bagaje personal y no de ajustarse a un programa de manejo, el cual es el documento rector del ANP.

7.6.2. Monitoreo ambiental en las ANP con proyectos mineros

A pesar de que existen programas de manejo consideran la minería como factible en las ANP federales, en los programas revisados no se encontraron estrategias sobre el monitoreo ambiental alrededor de los proyectos mineros (si es que se menciona), lo cual debería ser una premisa básica en el seguimiento de la transferencia de contaminantes, así como proveer evidencias para la posible remediación y reparación del daño. Se considera urgente ajustar el programa de manejo de El Vizcaíno a las nuevas problemáticas, incluyendo la mina El Boleo que inició operaciones a principios de 2015. La urgencia del tema incluso obliga a

las autoridades ambientales a instrumentar estrategias de monitoreo, así como su financiamiento, el cual podría hacerse desde los impuestos que deben pagar las empresas a los municipios.

7.7. El cabildeo de la industria sobre los programas de manejo

Es importante enfatizar la labor de las compañías mineras agrupadas en la Cámara Minera Mexicana (Camimex) ante las autoridades ambientales, tomando ventaja de los vacíos en la legislación ambiental y de la ponderación de la minería en la política nacional, la promueven como actividad económica sostenible y facilitando su operación legal dentro de las ANP. La Camimex ha participado conduciendo el tema minero en los programas de manejo como Valle de los Cirios y Sierra de Huautla (Camimex, 2006).

Como requerimiento de las compañías mineras agremiadas, este grupo hizo una propuesta a la Conanp para que el programa de manejo de APFF Tutuaca intentaba restringir la minería en esta ANP (Camimex, 2013; Conanp, 2014). Estas peticiones al parecer fueron tomadas en cuenta, ya que en el recién aprobado programa de manejo, la minería es permitida en una amplia zona de aprovechamiento especial, nombrada explícitamente con el nombre de las 3 minas que ya vienen operando ahí (Promontorio-Concheño-Pinos; Concheño pertenece a Minera Frisco de Carlos Slim) y donde se propone un documento elaborado por la Camimex para “ayudar a las empresas a cumplir la normatividad ambiental” (Conanp, 2014).

La legislación ecológica promueve la participación pública para el desarrollo de los programas de manejo (Art. 73 Reglamento LGEEPA, 2014). Sin embargo no existe un mecanismo para asegurar la participación de todos los sectores en los programas de manejo, debido a que usualmente no se proporciona suficiente información sobre los impactos potenciales de estas actividades mineras en los habitantes de las ANP. Además, a la fecha sólo la mitad de las ANP cuentan con un programa de manejo y sólo existen 55 consejos asesores distribuidos en 64 ANP federales (Bezaury-Creel *et al.*, 2009).

7.8. Consideraciones sobre la seguridad ambiental ante la minería

Además de la legislación que permite las ventajas operativas a la minería (principalmente la Ley Minera, Ley de Inversión Extranjera, Ley Agraria y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte; Morales, 2002; López y Eslava, 2011), existen otros aspectos que vulneran la protección ambiental ante esta actividad:

1) No existen auditorías ambientales obligatorias a las empresas (Art. 38, LGEEPA) y solamente pueden aplicárseles los principios de prevención y el de “pagar por contaminar”. Es decir, la autoridad puede solicitar seguros y garantías (Cap. VIII del REIA LGEEPA) por la posibilidad de contaminar, entendiendo como Prevención a “el conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro ambiental” (Art. 1-IV, 3-XXVI, LGEEPA); en ausencia de un Principio Precautorio en la ley regente (Art. 3, LGEEPA; Gaceta Parlamentaria, 2011). Esta situación, no permite que haya sistemas de control de contaminantes que se apliquen a todas las empresas ni sanciones por no aplicarlos, lo cual sólo queda regulado por normas oficiales que las empresas deberían acatar.

2) No existe un sistema de registro nacional fidedigno de los desechos (jales, tepetate, escorias, gases) de las minas que han estado operando en el país al menos en la últimas dos décadas, cuyas cifras deberían ser de acceso público y transparente. Recientemente, está en consolidación un sistema de registro de sitios contaminados en el país, el cual incluye antiguos sitios mineros (Sistema Informático de Sitios Contaminados: SISCO; Semarnat.gob.mx, 2013). El otro sistema aún insuficiente es el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), el cual no incluye a la industria minera en los dos reportes publicados en su portal, sólo a la metalúrgica y son de una década atrás (RETC, 2008a; 2008b).

Como comparación está el sistema canadiense que rinde informes anuales sobre el “Desempeño de las Minas de Metales Sujetas a las Regulaciones de Efluentes Mineros” (Ec.gc.ca.gov, 2013). Es un sistema de acceso público que registra el estatus de actividad de las minas, los niveles

mensuales de As, Cu, Pb, Ni, Zn, Ra-226 (radio) y cianuros en el agua de mina, capacidad de procesamiento diario, los procesos de obtención que utilizan, el pH del agua, porcentaje de mortalidad de bioindicadores (*Daphnia magna* y trucha arcoiris) en el agua de la mina, total de sólidos suspendidos, número de descargas al mes, datos y dirección de la empresa. Aunque en el portal en línea, los reportes tienen un rezago de dos años, con este tipo de datos, autoridades y comunidades pueden hacer seguimiento a la calidad de agua y utilizar la información como evidencia si sobrepasen los estándares (Environmental Canada, 2015).

3) La fase de cierre y abandono de la mina no están definidas en la Ley Minera y la LGEEPA menciona que las empresas sólo otorgarán seguros y garantías correspondientes a la etapa del proyecto que realicen (Art. 52). Frecuentemente durante la fase de abandono de la mina, se generan y distribuyen contaminantes persistentes ya sea por la formación de drenaje ácido o por posibles fallas en la presa de jales, impactando permanentemente ecosistemas y comunidades en ausencia de las empresas. Por ejemplo, la pena máxima de la nueva Ley de Responsabilidad Ambiental (Art. 10), ha sido insuficiente para lograr la reparación o al menos una compensación digna para los miles de afectados por el derrame de 40 mil metros cúbicos de lixiviados de sulfato de cobre en los ríos sonorenses por parte del Grupo México (Palacio Legislativo, 30-09-2014). Suponiendo además que la restitución de las condiciones físicas, químicas y biológicas iniciales de los ecosistemas fuera posible (según el Art. 13 de esta misma ley).

En la opinión Moran (2010), geohidrólogo de minas de metales por 40 años eventualmente todas las presas de jales (o colas) tienen rupturas en la geomembranas por lo que hay filtraciones subterráneas y superficiales, y dada la opacidad con la que operan los empresarios en muchos países, la mejor forma en que las comunidades pueden hacerse de evidencias de contaminación es tomar regularmente muestras de los cuerpos de agua que circundan a la mina, organizar los datos y compararlos con estándares establecidos. Los compuestos tóxicos de

una mina son liberados gradualmente (sin ser muy notorios) durante toda la vida de la mina y muchos años después, los cuales quedarán a perpetuidad si no se les da tratamiento. Cuando las compañías son obligadas a pagar por los daños si contaminan el agua, pueden llegar a pagar cifras mayores a los 500 millones dólares, y en general estos procesos de remediación deben hacerse para siempre.

4) La estimación de la efectividad de las ANP a la fecha se ha hecho principalmente por medio del contraste de imágenes satelitales en los intervalos de tiempo a evaluar (Figuroa y Sánchez-Cordero, 2008; González, 2015; evaluaciones del Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (Simec.conanp.gob, 2016), el cual se lleva en ciertas ANP considerando básicamente los cambios en la cobertura vegetal. Ante este tipo de evaluaciones, la explotación minera, puede subestimarse o incluso pasar desapercibida. La minería ocupa considerablemente menos del 1% de la superficie terrestre del mundo, incluso en E.U.A. país con fuerte tradición minera, abarcan espacios territoriales que van de 0.25% para toda la minería y 0.025% para la minería metálica, contrastando con el 3% de las zonas urbanas y el 70% de la agricultura (Hodges, 1995; en Bridge, 2004). Los monitoreos hechos a algunas especies bioindicadoras por el SIMEC tal vez podrían percibir directamente la movilidad de elementos potencialmente tóxicos, pero sólo cubren sólo ciertas ANP y tendrían que aplicarse pruebas específicas para ello. Sería óptima la selección de bioindicadores específicos para la actividad minera y coincidir en espacio con los proyectos mineros. Con base en lo anterior, se puede afirmar que el sistema actual de monitoreo y evaluación de la efectividad de las ANP no es suficiente para evaluar los impactos y la dispersión de posibles contaminantes por la mega minería metálica, y además es urgente implementar los cambios necesarios para tener al menos un monitoreo adecuado a esta actividad extractiva dentro de las ANP.

Es insuficiente mencionar en programas de manejo y en el discurso de manejo ambiental a la minería como una actividad orientada a la sustentabilidad,

sin mencionar sus procedimientos e impactos que no la garantizan. En el entendido que un programa de manejo no puede prohibir ningún tipo de minería, ya que contravendría una ley derivada de la Constitución (Ley Minera Art. 6, dice que el uso de suelo para actividades mineras es preferente a cualquier otro uso o aprovechamiento), deben de explicarse los riesgos y amenazas a la conservación de la biodiversidad que involucran los proyectos de minería metálica y de los que se hacen a escala industrial. Para mayor efectividad, podrían prohibirse construcciones y actividades específicas, como re-presas y contenedores de desechos que contengan metales pesados y radiactivos, tepetateras, excavaciones que excedan las dimensiones de los pozos y flujo de camiones contenedores con sustancias lixiviantes.

7.9. Perspectivas sobre la interacción del sector Minero y el de Conservación

En la búsqueda de las empresas que tienen proyectos dentro de ANP, se encontró un caso icónico de cómo opera la minería de la mano del sector conservación en México. El Sr. Carlos Slim Helu a través de Minera Frisco tiene dos minas a gran escala activas y relacionadas a ANP: la mina de oro/plata Concheño, dentro del polígono de Tutuaca en Chihuahua, y la mina de oro/plata San Felipe con influencia directa hacia el Alto Golfo y Delta del Río Colorado (en la zona búfer del mismo). Este mismo empresario a través de sus fundaciones (Telcel y Carlos Slim) avala proyectos de conservación y reforestación por un total de 100 millones de dólares donados a World Wild Foundation para distintas acciones de conservación en 43 ANP federales.

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) inicia en la década de 1990 como respuesta a la alta concentración de capital de las corporaciones, los movimientos civiles demandantes y la globalización de los medios de comunicación (Ougaard y Rayman-Bacchus, 2004 en McKinley, 2008). Aunque el objetivo principal de la RSE es compartir socialmente las ganancias de las

empresas, esto puede cumplirse parcialmente o no cumplirse y quedar en un simple “lavado verde” (*greenwashing*) (Barroso, 2008; Uribe-Saldarriaga, 2014).

En el sentido de promover la RSE, las empresas mineras habitualmente realizan acciones de este tipo que son necesarias para mejorar su deteriorada imagen social, así como ante posibles clientes y accionistas; lo cual les retribuye en mayores ganancias. Con ello obtienen una mayor aceptación en sus proyectos, ganan aliados en el sector académico (financiando becas e.g. Golcorp con la Fundación UNAM) o directamente con servicios a la población (e.g. el tren de la salud de Grupo México; jornadas de salud UNAM-Peñoles). Ejemplos de este tipo de acciones se ha reportado en otras partes del mundo como parte del convencimiento social previo a la instalación de una mina (Hutchins *et al.*, 2005; Kemp, 2010; Kepore e Imbun, 2010; Egresi, 2011). Algunas de estas prácticas son recomendadas a las empresas por la misma Secretaría de Economía en la Guía de Ocupación Superficial (SE, 2014).

Incluso existen guías comunitarias donde se describen preventivamente las estrategias de convencimiento con los distintos sectores sociales (gubernamental, académico, comunidad y medios de comunicación) para obtener la aprobación de la comunidad (OLCA, 2012) llamada también Licencia Social para Operar en el léxico empresarial minero, con la que pueden iniciar la explotación (WB-IFC, 2002; Nelsen, 2006; Moffat y Zhang, 2014).

El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, institución privada que participa en el financiamiento de varias ANP federales, formada inicialmente a partir de los fondos del Global Environment Facility del Banco Mundial, mantiene una postura que concilia la actividad minera y las áreas protegidas, quienes lo expresan como minería sustentable en su portal web: “alinear los objetivos del sector minero y del sector de conservación (especialmente en áreas naturales protegidas)” (Fmcn.org, 2015); o bien “compatibilizar los temas mineros y de energía con el tema adicional del gas fracking con la conservación del capital natural de México” (Iucn.org, 2014).

Grandes organizaciones no gubernamentales (ONG) ambientalistas: WWF, The Nature Conservancy (TNC) y Conservation Internacional (CI) además de ser grandes promotoras de la formación de nuevas ANP e invertir grandes sumas en ello (Chapin, 2004; Hoffman, 2009) colaboran habitualmente con la International Union for Conservation of Nature (IUCN), quien reúne a miles de personas de todo el mundo involucradas en la conservación, incluyendo gobiernos, múltiples ONG y académicos. Estas entidades han elaborado varios documentos guía sobre buenas prácticas en colaboración con grandes empresas extractivas de minería, petróleo y gas (Rio Tinto, Placer Dome, BHP Billiton, Dutch Shell); iniciativas en las que se insta a estas empresas a evitar o detener sus actividades en territorios indígenas sin el consentimiento libre e informado de las comunidades locales e indígenas (Rosenfeld *et al.*, 1997), en áreas protegidas (Koziell y Omosa, 2003; Dudley *et al.*, 2010), cómo operar de una mejor manera en zonas áridas (Gratzfeld, 2003) y otros más (mencionados por Koziell y Omosa, 2003).

Los lineamientos señalados en estas guías son adaptados seleccionadamente por las corporaciones, resultando en compromisos que aparentan ser de largo alcance, cuando finalmente no lo son, ya que el registro de las interacciones de las mineras están llenos de inconsistencias y contradicciones (Affolder, 2010). Por otro lado, las restricciones más importantes son las que cada país en particular les impone, así como el rigor aplicado para hacerlas cumplir estos estándares.

Se ha reconocido también que las ONG ambientalistas como TNC y CI reciben grandes aportaciones de diversas compañías, entre las que se encuentran: minería/metalurgia, petróleo/gas, industria química; industria maderera y de papel. Junto a WWF (y otras), Hoffman (2009) las clasifica como organizaciones “mediadoras”, es decir que están altamente comprometidas con la comunidad corporativa. Según MacDonald (2008) las grandes organizaciones de conservación fungen como “capacitadoras” de las grandes corporaciones para empujarlas hacia el cumplimiento de responsabilidades ambientales y sociales, a

cambio de darles una imagen verde más amigable y finalmente, sin obtener cambios significativos.

Durante el 4to Congreso Mundial de la Conservación en 2008, se propuso (moción 107) a la IUCN pusiera fin a su asociación con la Royal Dutch Shell, la cual habría costado a la IUCN alrededor de 1,2 millones de dólares, además de los costos de los litigios si Shell emprendiera acciones legales (Godoy 2008 en Hitchner, 2010). En esta moción también se señala que la IUCN tiene alianzas contenciosas similares con otras industrias extractivas, como Holcim (el mayor proveedor mundial de cemento), Total (gigante petrolero francés) y Rio Tinto (el mayor extractor de carbón), por lo que la terminación del acuerdo con Shell sentaría precedente con las otras multinacionales. Después de mucho debate y de retrasos, la moción 107 fue rechazada (Hitchner, 2010).

Recientemente se observa una política en el manejo institucional de las ANP de México acorde al mismo manejo institucional que sólo permite la minería “sustentable” en ANP en el discurso oficial pero que admite minería sin restricciones en la práctica. Existe una marcada tendencia hacia lo que varios autores, desde la geografía, la antropología, la historia y ecología política observan desde la década de 1980 y han llamado, la mercantilización de la naturaleza (Harvey, 2005; Sullivan, 2009; Buscher *et al.*, 2012; Viales-Hurtado y Hernández, 2012; Burballa-Noria, 2014), es decir, a que los recursos naturales sean valorados exclusivamente en términos monetarios y financieros, como materias primas, proveedores de servicios ambientales o sumideros de carbono (ver ejemplos en el Anexo 4).

Un par de ejemplos ya aplicados en áreas protegidas mexicanas: el modelo de Pago por Servicios Ambientales (conanp.gob.mx, 2014), donde se calcula el valor monetario de los servicios ecosistémicos en términos económicos a partir de e.g. la biodiversidad, la captura de la precipitación en zonas boscosas, etc. y se ofrecen como pagos a comunidades habitantes donde están los ecosistemas en cuestión a condición de que se mantengan dichos servicios.

Por otro lado, en bosques principalmente tropicales se implementó el programa REDD (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal) (conafor.gob.mx, 2015), cuyo objetivo inicial era la reducción de la deforestación y el incremento de los sumideros de carbono pero que luego se convirtió en REDD+ en el cual se comercia con bonos de carbono que pueden ser comprados por empresas emisoras de bióxido de carbono, en el cual incluso se hacen monocultivos de árboles considerados más rentables (IPCCA, 2011; Carbontradewatch.org, 2011; Reddmonitor.org, 2015). Esto como es de esperarse, tiene impactos sociales y ambientales que no han sido evaluados a profundidad (Durand y Durand, 2008; otrosmundoschiapas.org, 2011; Bellinghausen, 2012), sin embargo ya han sido adoptados como parte de la política ambiental institucional, avalados por IUCN, PNUMA y la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (en el caso de REDD+).

Dentro del enfoque mercantilizado del medio ambiente, se busca ubicar los precios del medio ambiente correctamente, creando así nuevos mercados para los nuevos “productos ambientales” basados en medidas monetizadas de la salud ambiental y la degradación, por lo que todo el mundo y el medio ambiente obtienen una ganancia. Si la naturaleza se abstrae racionalmente y con un precio en activos, bienes y servicios, el riesgo y la degradación del medio ambiente pueden medirse, intercambiarse, compensarse y generalmente reducirse a un mínimo (Sullivan, 2009; Buscher *et al.*, 2012). Esta nueva forma de hacer negocios, tiene implicaciones cuestionables para la diversidad biológica (Walker *et al.*, 2009; Burkett 2006; Robertson 2008; Buscher *et al.*, 2012), y que no garantiza que el supuesto impacto benéfico de los pagos se vea reflejado en términos ecológicos (Bourballa, 2014).

Otra forma de mercantilización es la Compensación de la Biodiversidad (o Bancos de Hábitat), compensación monetaria por los daños ocasionados por las actividades humanas utilizada experimentalmente en Estados Unidos (sin resultados ecológicos claros, mientras que en la Unión Europea se están

elaborando reformas para su implementación (Bourballa, 2014). Funciona compensando las pérdidas de la diversidad biológica en un sitio impactado mediante la generación de ganancias ecológicamente equivalentes en otros o en los mismos lugares, confiando sustancialmente en la habilidad de restauración para recuperar la biodiversidad perdida (Maron *et al.*, 2012). Pero en el análisis de su aplicación en casos recientes, Maron *et al.*, (2012) observaron dificultades en medir el valor en biodiversidad a reponer, incertidumbre en los resultados de la restauración o similar, e influencia de los intervalos temporales (para alcanzar condiciones similares al ecosistema original).

De todo lo anterior y en relación a este trabajo se concluye en este tema lo siguiente. Ya que las políticas de conservación oficiales están cada vez más involucradas en la lógica mercantilista, cuyo fin primordial es la ganancia máxima en el menor tiempo posible, y donde cualquier actividad económica (como la mega minería metálica) puede ser compatible bajo un esquema reduccionista e intercambiable, donde la responsabilidad empresarial puede suavizar y compensar daños con pagos valorados sólo económicamente (y que incluso pueden no realizarse como en el caso del Desastre de Buena Vista del Cobre), se espera que por parte de las instituciones la situación de la minería en ANP continúe y además implementen instrumentos para su consecución y “compensación”.

7.10. Áreas protegidas, comunidades y minería

Diversos estudios han encontrado que la inclusión de las comunidades locales en la gestión de ANP probablemente sea el factor más determinante en el nivel de cumplimiento de las estrategias de conservación de las mismas (McNeely y Pitt, 1985; Alcorn, 1993; Young, 2000; Ostrom, 2009; Toledo, 2005). Entre ellos, destaca el meta-análisis de 55 casos de ANP donde se consideran: antigüedad, superficie, nivel de protección (según su categoría), ingreso per cápita de los habitantes, existencia de una zona búfer, densidad poblacional en la vecindad del ANP y nivel de participación de la comunidad local en las estrategias de manejo.

Este último factor, resultó el único altamente significativo en su relación con el cumplimiento de conservación (Andrade y Rhodes, 2012).

Aunque regularmente se asume que decretar áreas protegidas proporcionará protección a la biodiversidad, por ejemplo como solución a la desaparición a especies en categorías de riesgo (e.g. Rodrigues *et al.*, 2004), diversos autores han encontrado que el establecimiento de ANP en sí mismo, no garantiza la perpetuación de la biodiversidad (Wilshusen *et al.*, 2002; Mascia, 2003; Aswani y Weiant, 2004; Pretty y Smith, 2004; Hayes, 2006; Ban *et al.*, 2008; Urquiza, 2009) lo cual coincide con los resultados de esta evaluación. La inclusión de las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones de las ANP puede promover un sentido de propiedad, donde los locales protegen cooperativamente las reservas de los forasteros y también regulan su propio uso de los recursos naturales (Horowitz, 1998; Aswani *et al.*, 2004; Pretty y Smith, 2004; Ostrom, 2009; Ban *et al.*, 2009).

Hoy en día, aunque el enfoque estrictamente proteccionista se ha flexibilizado para integrar la dinámica social como un componente del manejo de áreas protegidas, aún no son considerados aspectos fundamentales para sus habitantes, tales como la fragmentación de territorios previamente articulados por las comunidades (Durand y Jiménez, 2010). Según los estudios de Durand y Durand (2008) en la RB Los Tuxtlas y Durand y Jiménez (2010) en la RB Sierra de Huautla, es frecuente entre comunidades indígenas, campesinos y comunidad rural, la sensación de despojo, de ser ignorados por las autoridades a cargo de las ANP y de que lo realmente importante son los ecosistemas, la fauna y la flora.

A esta situación se suma la otra planeación extra-territorial objeto de este estudio, las concesiones y proyectos mineros (generalmente de mega minería metálica, como se ha visto) que también suele percibirse por las comunidades como una invasión y una amenaza para sus territorios, una vez que se dan cuenta de esta situación (tarde o temprano). En este sentido, la misma Secretaría de Economía ha diseñado la Guía de Ocupación Superficial (SE, 2014) en la que se muestran distintas estrategias de convencimiento para obtener la licencia social y

para hacer la ocupación de tierras necesarias para la explotación, por lo que ha sido objeto de protesta de organizaciones, argumentando que atenta contra los derechos humanos de pueblos indígenas y campesinos (Hernández, 2015a).

La ONU en 2013 hizo recomendaciones al gobierno mexicano sobre las faltas a los derechos humanos e incluso crímenes cometidos contra los pueblos indígenas asentados en zonas de extracción minera, llamando a la aprobación de una Ley Federal de Consulta y Consentimiento Libre, Previo e Informado conforme a los estándares internacionales, la cual es inexistente en México. También se llama a que se revisen las leyes relacionadas con las ventajas que tienen las empresas y que el gobierno sea garante de los derechos humanos (ECOSOC, 2013).

Varias comunidades indígenas latinoamericanas han apelado a sus derechos territoriales indígenas bajo el convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), a través de consultas populares con conocimiento previo, en las que deciden la no explotación minera (Martínez-Alier, 2008). O incluso se emprendan batallas por la vía legal, como es el caso de los amparos contra concesiones mineras, solicitados por pueblos indígenas de Colima y Puebla, en los que reclaman que la transgresión de sus territorios ancestrales por parte el Estado Mexicano (Hernández, 2015b).

Como está sucediendo en otras muchas partes de América Latina (Bebbington, 2007), los conflictos en regiones mineras presentan aspectos novedosos. Se trata en primer lugar de enfrentamientos que oponen a las empresas no sólo con los sindicatos mineros, como comúnmente había sucedido hasta hace poco, sino con pobladores campesinos e indígenas que están viviendo los efectos de desintegración de sus territorios y su restructuración a partir de la presencia de las actividades mineras e hidrometalúrgicas (Sariego, 2010).

En la zona de la Montaña y Costa Chica de Guerrero desde 2012 existe un ejemplo de fuerte oposición tanto a una propuesta de reserva de la biósfera como a concesiones mineras en esta área que son vistas como imposiciones del Estado que legitiman la apropiación de sus recursos naturales: *Resistiremos sus embates*

por querer imponernos una reserva de la biosfera, que ni solicitamos ni queremos, con la cual pretenden justificar su mentiroso y falso discurso verde, para que sean las trasnacionales de la farmacéutica, del agua y de los transgénicos quienes sean los beneficiarios económicos de lo que la naturaleza nos ha dado para nuestra vida, nuestra cultura y nuestras tradiciones. No necesitamos que el gobierno cuide o administre nuestra naturaleza. Nosotros la hemos cuidado por más de 500 años y la seguiremos protegiendo con nuestros propios saberes y conocimientos. Declaramos a la región Montaña/Costa Chica como Territorio Libre de Minería (serapaz.org.mx, 2015).

Incluso aunque en otros sitios puede haber una percepción positiva sobre la existencia de un área protegida esta percepción puede cambiar, ya que la aprobación de megaproyectos mineros bajo un discurso de minería sustentable significa, no sólo es un incumplimiento a los objetivos mismos de conservación de la biodiversidad de las ANP, sino que tiene el potencial de instrumentar la apropiación de espacios con bienes comunes mediante una figura de protección ambiental y jurídica, para finalmente entregarlos a grandes capitales privados. Sin olvidar que sus habitantes, consintiendo o no, son restringidos en sus usos habituales sobre los recursos y los espacios, mientras que megaproyectos se apoderan de los mismos, dejando grandes externalidades incalculables.

Es en estos contextos cuando pueden formarse, lo que Martínez-Alier (2004) llama los movimientos sociales de los pobres, que son luchas por la subsistencia y son ecológicas en los objetivos, la energía (incluyendo alimentos), el agua, el espacio para vivir. También son ecológicas en el sentido de que al menos implícitamente pretenden guardar los recursos ambientales fuera de la esfera económica y del sistema de mercado.

El Observatorio Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL) tiene identificados un total de 215 conflictos mineros en Latinoamérica, 37 de ellos en México (Mapa.conflictosmineros.net, febrero de 2016). Particularmente en los conflictos mineros en México, ocurre la confrontación de comunidades campesinas (mestizas e indígenas) con empresas principalmente canadienses,

pero también mexicanas y de otros países. Las causas suelen ser siempre las mismas: despojos de tierras, contaminación de aguas y suelos, desplazamiento de poblaciones, convenios entre ejidos y empresas que favorecen desmedidamente a las segundas en perjuicio de los primeros, oferta muy reducida de empleos a la población local en relación con los trabajadores calificados traídos de fuera y, en general, promesas nunca cumplidas de beneficios y desarrollo para las comunidades afectadas (Sariego, 2010). En México existe la Red Mexicana de Afectados por la Minería (REMA) donde se hacen esfuerzos conjuntos de asesoría y acompañamiento de los movimientos de defensa contra el modelo extractivo minero actual en doce estados del país (remamx.org, 2016).

Aunque en el caso del sur de Baja California Sur, no existen pueblos indígenas u originarios que aboguen por la vía de los derechos indígenas, el movimiento ecologista opositor a la mina proyectada en la RB Sierra de La Laguna está integrado por diversas organizaciones y habitantes de poblados y ciudades circunvecinas a la reserva (en los que se incluyen rancheros y agricultores). El principal motivo de defensa no es propiamente la conservación de la biodiversidad, sino la defensa del agua que es captada por esta sierra y de la cual dependen todas estas comunidades (unas 420 mil personas) en el estado más árido del país; así como el valor cultural (paisajístico, recreacional, deportivo, etc.) que tiene esta isla de vegetación en la aridez sudcaliforniana. El proyecto minero se rechazó en una ocasión en materia de impacto ambiental pero se aceptó en la siguiente vuelta (junio de 2014; Semarnat 2014), pese a la oposición social y a la numerosa argumentación en contra en la consulta pública. Actualmente el movimiento defensivo continúa por la vía legal y de movilización social.

Es uno de tantos ejemplos que en el que las luchas defensivas se hacen por los medios vitales de sus habitantes, evidencia de que la conservación de los recursos naturales es principalmente de carácter social y local. Las instituciones deben responder y potenciar de acuerdo a los matices culturales regionales, la protección integral de los recursos naturales, en los que el agua es uno de los

más importantes; en ese sentido propuestas de conservación bio-cultural como las de Toledo (2005), Boege (2002; Boege y Vidriales, 2008) y el enfoque de esquemas múltiples articulados con participación activa de la comunidad de Ostrom (1990; 2009), podrían ser más efectivas en el uso y conservación integral de los recursos naturales, pensando en agua, suelos y biodiversidad.

La mejor estrategia de conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales mexicanos (principalmente el agua) es que se frenen las actividades extractivas lesivas y contaminantes como la mega minería metálica, por medio de mayor intervención estatal, con impuestos y obligaciones definidas por ley, que paguen por la apropiación de bienes nacionales, por remediar el agua que contaminan (el tiempo necesario para las generaciones siguientes), que generen esquemas laborales de mayor seguridad, respeto y repartición de ganancias. Al ser incosteable en la mayoría de los casos, obligaría al replanteamiento del nivel de demanda de los minerales (no incrementar o decrecer aplicado a países de alto consumo; Meadows *et al.*, 2004; Latouche y Harpagès, 2011), más desarrollo de investigación hacia su eficientización y re-uso (Ayres, 1997; 2007), así como avance en el uso de otros materiales poco contaminantes.

Otra estrategia de importancia para la conservación ambiental, ya que su base es la interacción social con los sitios que se pretende conservar, debería estar orientada hacia fortalecer la educación ambiental de base (Toledo, 2005), desde las instituciones educativas, pero también en trabajo de campo en interacción con las comunidades que forman parte de las ANP. Para esto sería necesaria la inclusión de más personal con formación en las ciencias sociales y humanidades (y no sólo biólogos y ecólogos) en las instituciones que dirigen el sistema de ANP. No para tener mejores armas de convencimiento de los planes de conservación, sino para llegar a verdaderos acuerdos de conveniencia mutua y de respaldo social al ANP.

7.11. Recapitulación de los resultados y discusión de esta tesis

Se encontró que un total de 63 ANP federales presentan traslapos con concesiones mineras y 13 de las cuales además tienen uno o más proyectos mineros (un total de 29). Los minerales a extraer mencionados en los títulos de concesión y en los proyectos mineros están dirigidos principalmente a minería metálica. Las concesiones y proyectos mineros sobre metales preciosos son el 30% y si se mencionan los metales industriales se eleva hasta 73% del total, mientras que los proyectos mineros los metales industriales se elevan hasta 98%. La mayor parte de las concesiones se usan para hacer exploración minera y son de vida centenaria, en la cual pueden perfilarse proyectos y que pueden pasar a fase de explotación.

Por categoría de manejo, las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF), Áreas de Protección de los Recursos Naturales (APRN) y Reservas de la Biosfera (RB) tienen una mayor incidencia de concesiones y proyectos mineros, y de estas, las APRN tienen la situación más crítica, ya que 6 de las 8 ANP que hay con esta categoría tienen un total de 13 proyectos mineros y el 46% del superficie total de concesiones mineras en ANP. Mientras tanto Monumentos Naturales (MN), Parques Nacionales (PN) y Santuarios (S) tienen proporcionalmente una menor incidencia de concesiones mineras además de no presentar proyectos mineros. Se asume que las diferencias encontradas entre categorías tienen que ver con la zonificación permitida en la LGEEPA, la cual dice que en estas categorías no se permiten las actividades de aprovechamiento, entre ellas la de aprovechamiento minero (especial), que si se encuentra en las otras tres categorías. Aunque ha habido una tenencia a que las ANP se decreten con categorías APFF, APRN y RB con la intención de que sus habitantes puedan seguir teniendo acceso al uso de los recursos, esto en realidad abre las puertas a la extracción minera.

El Indicador de Generación de Elementos Potencialmente Tóxicos por la Explotación Minera, funciona a partir de la valoración de generación de residuos a partir de las etapas de explotación de acuerdo al mineral a extraer, la escala y la

ubicación respecto a la superficie del suelo. Puede ser una herramienta útil para distinguir el potencial de amenaza entre los proyectos mineros por la generación de EPT según sus características y procesos. Aunque en este trabajo no se encontró una variedad de proyectos mineros (más bien la mayoría son de mega minería metálica), cabría seguir aplicándolo a una escala regional para incluir aquellos proyectos de menor escala y de minerales no metálicos (por ejemplo, los que se ingresan a evaluación en materia de impacto ambiental).

Los indicadores de Exposición de las ANP a la Explotación Minera como Amenaza fueron elaborados acorde a diferentes categorías de manejo, debido a las diferencias en la zonificación permitida, como se comentó. Mientras que la amenaza en APFF/APRN/RB se definió en función a concesiones y proyectos que se localizan en las superficies decretadas y a la extensión, ya que las ANP de mayor tamaño tienen mayor número de proyectos; la amenaza en MN/PN/S está en los proyectos mineros que se localizan en el búfer, especialmente los que se localizan en una parte alta de la cuenca compartida con el ANP, asimismo en la extensión del ANP, ya que las ANP de estas categorías son relativamente de menor extensión e incluso pueden quedar totalmente cubiertos por concesiones de tamaño moda (común). Las ANP más amenazadas según estos resultados fueron APFF Tutuaca, APRN CADNR 043 Don Martín (localizadas en la Sierra Madre Occidental), seguidas por RB El Vizcaíno, RB Zicuirán-Infiernillo, MN Yagul, APRN Zona Protectora Forestal Vedada Cuencas de los Rios Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, PN Sierra de Órganos y la APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

En un acercamiento a la zonificación de las ANP de la Península de B.C. se encontraron los siguientes datos. Aunque la Sierra La Laguna considera a la minería como una amenaza potencial, las zonificaciones de los tres programas de manejo cuentan con áreas donde se permite la minería. Pese a ello, hay concesiones que quedan fuera de estas zonas. El programa de El Vizcaíno permite actividad minera en un 80% de su zonificación y además tiene 40, 984 ha de concesiones en área prohibitiva. En la zonificación de Valle de los Cirios, esta

superficie es de 30,400 h; su programa de manejo es uno de los más recientes del país (2013) e incluye una zonificación específica para la exploración minera y en el que se explica cómo puede hacerse la solicitud de cambio de uso de suelo para explotación minera.

Los tres programas de manejo coinciden en no definir un perfil de minería deseable para los objetivos de conservación de las ANP; sin embargo coinciden en presentar entre sus condicionantes que la actividad minera debe ajustarse a los objetivos del ANP, a la normatividad ambiental y obtener el permiso de la autoridad competente. Esto permite que la decisión final sobre el perfil adecuado de un proyecto minero queda a la discrecionalidad de los funcionarios en turno.

En cuanto a las consideraciones o condiciones impuestas a la minería en los programas de manejo, se encontró que no cumplen con el Reglamento en materia de ANP de la LGEEPA ni con los Términos y Condiciones de Referencia para programas de manejo de la misma Conanp, ya que las actividades de aprovechamiento minero (y otras) deben definirse con precisión en el programa, así como marcarse las restricciones específicas. Otro aspecto que queda en el aire, sobre todo en los programas de manejo más recientes, es que no se describen propuestas de monitoreo ambiental de ningún tipo, lo cual deja a la biodiversidad que se intenta proteger, a merced del cumplimiento de los compromisos que la empresa manifieste y que la vigilancia alcance a cubrir.

Según la legislación, la protección que otorgan las ANP incide en lo que se encuentra sobre el suelo en los polígonos delimitados, mientras que las concesiones mineras actúan los minerales del subsuelo, los cuales son bienes nacionales. Las ANP que presentan concesiones y proyectos se ubican en las principales cadenas montañosas mexicanas, que son zonas mineralizadas.

A pesar de que la zona de Aprovechamiento Especial permite explotación minera, según los términos de la LGEEPA, ningún proyecto de mega minería metálica reúne las características que ahí se definen. Mientras tanto en los programas de manejo al no definir un perfil preciso de “minería sustentable” como se aborda en los nuevos programas, toda la responsabilidad de su aprobación

recae en los evaluadores de las manifestaciones de impacto ambiental (Semarnat) pero también en la autoridad a cargo del ANP (Conanp con la venia de su consejo asesor) debe emitir un permiso independiente.

Las ANP aunque indirectamente pueden proteger el ciclo hidrológico, están enfocadas en la protección de la biodiversidad de especies y ecosistemas (aunque dependan en buena medida de este) por lo que categorías de ANP anteriores decretadas con ese objetivo han perdido o debilitado sus objetivos iniciales o ya no existen. Ya que la minería afecta principalmente la cantidad y calidad del agua de la región, la figura de las ANP no cumple con la protección de los recursos hídricos en dos sentidos, en no considerarla como uno de sus objetivos principales de conservación y en permitir la minería.

Se encontró que la Camimex participa activamente en el tema de la minería en los programas de manejo, ejerciendo una fuerte influencia que no es equitativa con la participación de las comunidades de habitantes o involucradas con el ANP, como son los consejos asesores.

En cuanto a los sistemas que podrían contribuir a un mejor seguimiento de las empresas, se encuentra la carencia de sistemas gubernamentales de monitoreo ambiental de las empresas mineras, así como de auditorías ambientales obligatorias. En el contexto de operación habitual de la mega minería metálica esto da pie a la perpetuación de pasivos ambientales, a su escaso seguimiento y a que no se tomen medidas oportunamente.

Desde un enfoque crítico y abordado por las ciencias sociales, se observa una tendencia marcada en el sector conservacionista a la mercantilización de la naturaleza (o los recursos naturales) que fracciona a la naturaleza en productos vendibles e intercambiables en los mercados globales. Desde este punto de vista, la minería es vista como otra actividad económica posible que puede mejorarse a través de la Responsabilidad Social Empresarial, compensando sus daños parcialmente en términos económicos, aunque finalmente sólo mejora su imagen social.

La efectividad de la conservación de los recursos naturales depende del apoyo social de una región que habita y se relaciona por ejemplo con un ANP. Las evidencias apuntan que la defensa y conservación de los recursos naturales (integrales) el tema de la minería la encabezan los movimientos sociales y no áreas protegidas ni las instituciones, por lo que se observa la necesidad de un ajuste institucional a nuevos paradigmas que respondan a la defensa de los bienes comunes regionales y nacionales.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Desde los resultados de esta tesis

La recomendación urgente es la revocación de concesiones y proyectos mineros de mega minería metálica en las ANP federales, así como la no permisión de más concesiones mineras en las mismas.

En el contexto actual con concesiones mineras en ANP, la LGEEPA (Art. 47 Bis, Art. 66) obliga a que se permitan sólo las actividades de aprovechamiento sustentable y que sean acordes a los objetivos de conservación. En este sentido, debe respetarse literalmente lo que determina la zona (o sub-zona) de Aprovechamiento Especial, que a pesar de que permite la extracción de recursos no renovables, esta tiene características muy específicas que son incompatibles con el modelo de la mega minería metálica actual. Deben definirse con precisión las actividades mineras que sean estrictamente acordes (con base en hechos y en la literatura) en los programas de manejo. En este sentido, deberían estar orientadas a ciertos minerales no metálicos, hacia la extracción directa sin procesamiento en las ANP, ni acumulación de desechos en presas ni en montones, a baja escala y con un manejo local o regional. Es indispensable que todas aquellas ANP donde haya recursos minerales de interés, tengan al menos un programa de manejo donde queden bien descritas las actividades sin dejar a la autoridad en materia de impacto ambiental todos los elementos para la decisión

sobre la autorización de cada proyecto. El indicador compuesto IGRPT-PM puede ser de utilidad en la discriminación de los impactos de los proyectos mineros.

Los resultados confirman que existen categorías de manejo en las que no se permite la minería (MN, PN, S) prescrito según la LGEEPA. Estas categorías podrían ser utilizadas hacia una mayor protección contra mega proyectos mineros, pero ya que son más restrictivas con el aprovechamiento de sus habitantes, pueden implementarse regionalmente esquemas más flexibles para el aprovechamiento de los recursos naturales y para el uso tradicional de los espacios por sus habitantes (Ostrom, 2009).

También en el contexto actual, es urgente el desarrollo de la normatividad y las metodologías para el monitoreo ambiental permanente en las minas que ya están operando dentro de ANP, así como convenios con instituciones académicas para su realización.

Por último se considera necesario implementar un robusto programa de educación ambiental que divulgue objetivamente los impactos de la actividad minera, donde participe el sector académico de áreas ambientales y sociales, que contrarreste la fuerte presión que ejercen las empresas mineras en ese sentido. Es importante que la Conanp regional convoque para estos fines en tiempo y forma la participación civil de los habitantes del ANP y sus áreas aledañas; asegure esta participación y se registre en actas anexas a los programas de manejo.

8.2. En lo general

Las ANP federales mexicanas, al igual que el resto del territorio nacional, se enfrentan a una fuerte demanda por la extracción de minerales principalmente metálicos, lo cual pone en amenaza parte de la biodiversidad de especies y ecosistemas pero además la calidad y disponibilidad de agua de áreas distribuidas principalmente en las grandes cadenas montañosas mexicanas.

Esta situación se ve instrumentada y permitida tanto por leyes generales, pero también por la imprecisión con la que los programas de manejo definen el

perfil de la minería permisible. Se observa también una fuerte alianza del sector de la conservación ambiental con el sector minero, que pone en riesgo sus mismos avances y objetivos, así como el patrimonio común de los mexicanos.

En un futuro no muy lejano, puede perderse el respaldo social de aquellas ANP en las que las comunidades locales participan. La aprobación de megaproyectos mineros bajo un discurso de minería sustentable significa, no sólo es un incumplimiento a los objetivos mismos de conservación de la biodiversidad de las ANP, sino que instrumenta la apropiación de espacios comunes mediante una figura de protección ambiental y jurídica, para finalmente entregarse a grandes capitales privados. Sin olvidar que sus habitantes, consintiendo o no, son restringidos en sus usos habituales sobre los recursos y los espacios, mientras que megaproyectos se apoderan de los mismos, dejando grandes externalidades incompensables en términos económicos. Adicionalmente, a medida que los conflictos mineros aumenten, se prevé una menor cooperación social hacia la formación de nuevas áreas protegidas.

Hay una creciente necesidad de implementar paradigmas de conservación integral de los recursos naturales donde se considere equitativamente a los recursos hídricos, los suelos, así como a la biodiversidad y el patrimonio cultural de la naturaleza, en los que se involucre a la sociedad en las decisiones sobre su uso y beneficio. Para esto es necesario que el Estado ejerza un mayor control del patrimonio nacional y se limiten las amplias ventajas que tienen las empresas mineras. También es necesario el desarrollo de conocimiento base y desarrollo de tecnologías para el reciclaje y optimización del uso de los minerales.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Affolder, N. 2010. The Market for Treaties. *Chi. J. Int'l L.* 11(1): 159-196.
- Águila, M. T. 2004. La Gran Depresión y la Minería Mexicana. En: *Economía y Trabajo en la Minería Mexicana* pp. 43-76. La Emergencia de un nuevo Pacto Laboral entre la Depresión y el Cardenismo. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. 241 pp.
- Akcil A. y S. Koldas. 2006. Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *J. Clean. Prod.* 14: 1139-1145
- Alcorn, J.B. 1993. Indigenous Peoples and Conservation. *Conser Biol* 7 (3): 424-426.
- Aleksander-Kwaterczak, U. y E. Helios-Rybicka. 2009. Contaminated sediments as a potential source of Zn, Pb and Cd for a river system in the historical metalliferous ore mining and smelting industry area of South Poland. *J. Soils Sediments.* 9:13-22.
- Burballa, N.B. 2014. El mecanismo de compensación por pérdida de biodiversidad, ¿una senda hacia la mercantilización de la conservación? *Ecología Política, Cuadernos de Debate Internacional.* Número 46: Biodiversidad.
- Alloway, B. y D. Ayres. 1997. *Chemical principles of environmental pollution.* New York: Blackie Academic & Professional. 304 pp.
- Andrade, G. y J. Rhodes. 2012. Protected Areas and Local Communities: an Inevitable Partnership toward Successful Conservation Strategies? *Ecol. Soc.* 17(4): 14.
- Antoninova, N., L. Rybnikova, Y. Slavikovskaya, P. Rybnikov y L. Shubina. 2012. Geoecological estimation of land and water use in the Ural natural and technogeneuous mineral resource exploitation Areas. *J. Min. Sci.* 48 (2): 398-404.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar y J. M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. *Capital Natural de*

- México. Volumen II. Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para la Conservación de la Biodiversidad (Conabio): 433- 457.
- Arthur W., O. Markham. 1982. Radionuclide export and elimination by coyotes at two radioactive waste disposal areas in southeastern Idaho. *Health Phys.* 43: 493-00.
- ASF. 2010. Derechos sobre Minería. Secretaría de Economía. Informe del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2010. DE-076. Auditoría Superior de la Federación. 21 pp.
- ASF. 2013. Derechos sobre Minería. Secretaría de Economía. Informe del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2013. DE-106. Auditoría Superior de la Federación. 29 pp. <http://bit.ly/1mABI51>
- Aswani, S. y P. Weiant. 2004. Scientific evaluation in women's participatory management: monitoring marine invertebrate refugia in the Solomon Islands. *Hum Organ.* 63(3): 301–319.
- Athar R., M. Ahmad. 2002. Heavy metal toxicity: effect on plant growth and metal uptake by wheat, and on free living *Azotobacter*. *Water Air Soil Poll.* 138: 165–80.
- Ayres, R. 1997. Metals recycling: economic and environmental implications. *Resour Conserv Recy.* 21: 145–173.
- Ayres, R. 2007. On the practical limits to substitution. *Ecol Econ.* 61: 115-128.
- Azam, S. y Q. Li. 2010. Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years. *Waste Geotechnics. Geotechnical News.* 50-53.
- Azpeitia, C. A. 2007. Minerales de los Distritos Mineros Metálicos Zimapán, Pachuca Real del Monte y Molango y su Aplicación Didáctica. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Materiales y Metalurgia. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 106 pp.
- Baker A.J. y P.L. Walker. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. En Shaw A.J. Ed. *Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects.* pp.155-177, CRC Press, Boca Raton, Florida.

- Baker A.M. 1981. Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutr.* 3: 643-654.
- Ban, N., C. Picard y A. Vincent. 2008. Moving toward spatial solutions in marine conservation with indigenous communities. *Ecol Soc.* 13 (1): 32.
- Barrie, L., D. Gregor, B. Hargrave, R. Lake, D. Muir, R. Shearer, B. Tracey, and T. Bidleman. 1992. Arctic contaminants sources, occurrence and pathways. *Sci Total Environ.* 122: 1-74.
- Barroso, T.G. 2008. La responsabilidad social empresarial. Un estudio en cuarenta empresas de la ciudad de Mérida, Yucatán. *Contaduría y Administración* No. 226, Sep./ Dic. En línea: <http://bit.ly/23J8GeX>
- Baturin, G. N. y A. V. Kochenov. 2001. Uranium in Phosphorites. *Lithology and Mineral Resources*, Vol. 36, No. 4: 303–321.
- Baturin, G.N. 2006. Cadmium and Zinc in Namibian Shelf Phosphorites. ISSN 1028-334X, *Doklady Earth Sciences*, 407(2): 330–334.
- Bellinghausen, H. 2012. La mercantilización de los bosques, motivo para retirar a comunidades en Chiapas. *La Jornada*. Lunes 21 de mayo de 2012, p. 14: <http://bit.ly/1KoeRP1>
- Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell *et al.* 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431.
- Bi, X.Y., X.B. Feng, Y.G. Yang, X. Li, G.P.Y. Shin, F. Li. 2009. Allocation and source attribution of lead and Cd in maize (*Zea mays L.*) impacted by smelting emissions. *Environ Pollut.* 157: 834–9.
- Bird, G., M Macklin, P Brewer, S. Zaharia, D. Balteanu, B. Driga y Mihaela Serban. 2009. Heavy metals in potable groundwater of mining-affected river catchments, northwestern Romania. *Environ Geochem Hlth.* 31:741–758.
- Bishop, J., S. Kapila, F. Hicks, P. Mitchell y F. Vorhies. 2008. *Building Biodiversity Business*. Shell International Limited and the International Union for Conservation of Nature: London, UK, and Gland, Switzerland. 164 pp.

- Bjerregaard, P. y O. Andersen. 2007. Ecotoxicology of metals: sources, transport, and effects in the ecosystem. In: Gunnar FN, Bruce AF, Monica N, Lars TF (eds) Handbook on the toxicology of metals, 3rd edition. Academic Press, Burlington, pp 251–277.
- Boada, M. y V. Toledo. 2003. El Planeta, nuestro cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad. FCE, SEP, Conacyt. México.
- Boege, E. 2002. Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina. INI: Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe. Pueblos Indígenas. Primera edición. 344 p.
- Boege, S. E., G. Vidrales. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 344 pp.
- Bojórquez-Tapia, L., S. Sánchez-Colón y A. Flore-Colón. 2005. Building Consensus in Environmental Impact Assessment Through Multicriteria Modeling and Sensitivity Analysis. *Environ Manag.* 36 (3): 469–481.
- Bourgoin, L. 2001. El mercurio en la Amazonía boliviana. La Paz, Bolivia: Ed. Edobol.
- Braune, B., P. Outridge, A. Fisk, D. Muir, P. Helm, K. Hobbs, P. Hoekstra, Z. Kuzyk, M. Kwan, R. Letcher, W. Lockhart, R. Norstrom, G. Stern, I. Stirling. 2005. Persistent organic pollutants and mercury in marine biota of the Canadian Arctic: an overview of spatial and temporal trends. *Sci Total Environ*; 351–352: 4-56.
- Bridge, G. 2004. Contested Terrain: Mining and the Environment. *Annu. Rev. Environ Resour.* 29: 205–59.
- Burkett, P. 2006. Marxism and ecological economics: Towards a red and green political economy. Chicago: Haymarket Books. 355 pp.

- Buscher, B., S. Sullivan, K. Neves, J. Igoe y D. Brockington. 2012. Towards a synthesized critique of neoliberal biodiversity conservation. *Capitalism Nature Socialism*. 23 (2): 4-30.
- Camimex, 2006. 1er Informe Trimestral de las Comisiones de la Cámara Minera de México. *Minería Camimex. Desde 1972*. Vol. XII (No. 7): Enero-Marzo de 2006. 48 pp: (<http://bit.ly/1bz0oM7>)
- Camimex. 2013. Reseña de las actividades desarrolladas por la Cámara Minera en 2012. Informe Anual: segunda parte. Cámara Minera de México. 70 pp: (<http://bit.ly/1egzl5x>)
- Carabias, J., R. Landa, J. Collado y P. Martínez. 2005. Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. 1a ed. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México: El Colegio de México : Fundación Gonzalo Río Arronte. 221 pp.
- Carbontradewatch.org. 2011. En el Día Internacional contra las Plantaciones de Monocultivo., Apoya la Plataforma No REDD. 21 de Septiembre de 2011: <http://bit.ly/20oNdccl>
- Carrillo, A. y J. L. Drever. 1997. Environmental assessment of the potential for arsenic leaching into groundwater from mine wastes in Baja California Sur, México. Department of Geology and Geophysics. University of Wyoming, Laramie, Wyoming, USA.
- Cassassuce, F., J. Armenta, E. Loera and J. Olvera. 2005. Estudio de 500 Pozos en Baja California Sur, Niparáj-CONAGUA. Reporte Final.
- Cervantes, E. 2015. Urgen a medir bien el riesgo ambiental. *Reforma: Agenda Nacional*. 14 de Agosto de 2015.
- Chapin, M. 2004. A challenge to conservationists. *World-watch Magazine*. Noviembre-Diciembre.
- Chérrez, C., G. Rondón, G. Rivas, L. Ruiz, M. Yuco, N. Paccari, A. PonteM. Kahn, C. Padilla, T. Guardia, F. López, C. Morales, J. Tenezaca, M. Bustamante, J. Rojas, D. Queirol, G. Márquez, M. Palacín, E. Haro, L. Torres, N. Narváez, V. Espejo. 1997. *El Boom Minero en América Latina*:

- Encuentro internacional de comunidades afectadas por la actividad minera. En: J. Martínez-Alier y J. O'Connor (Eds.). *Ecología Política: Cuadernos de Debate Internacional*. Icaria Editorial. No. 14.
- Chilvers, D.C. y P.J. Peterson. 1987. Global cycling of arsenic. In: T.C. Hutchinson, K.M. Meema (eds.); *Lead, mercury, cadmium, and arsenic in the environment*. Chichester: Wiley. 279-302.
- Cisneros, D. R. 2014. Derrame en el río Sonora: lo que sabemos y lo que no sobre el caso. CNN México. Jueves, 28 de agosto de 2014 a las 12:30. cnn.it/1s4h0G9
- Colín-Torres, C., J. Murillo-Jiménez, L. Del Razo, L. Sánchez-Peña, O. Becerra-Rueda, A. Marmolejo-Rodríguez. 2014. Urinary arsenic levels influenced by abandoned mine tailings in the Southernmost Baja California Peninsula, Mexico. *Environ Geochem Health*. 36:845–854.
- Coll-Hurtado, A., M. Sánchez-Salazar y J. Morales. 2002. *La Minería en México. Geografía, Historia, Economía y Medio Ambiente*. Instituto de Geografía, UNAM. 126 pp.
- Conabio. 2008. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Actualizado el 19 diciembre, 2008. Portal en línea: <http://bit.ly/23RNRhr>
- Conafor. 2015. La ONU desarrollará en México la Tercera Conferencia Científica de la Convención de Lucha Contra la Desertificación. Comisión Nacional Forestal: Unidad de Comunicación Social. 6 de marzo 2015. Boletín 109. En línea: <http://bit.ly/1Q25i4s>
- Conafor.gob.mx. 2015. REDD+ en México. Comisión nacional Forestal, 19 de Mayo de 2015. Portal en línea: <http://bit.ly/1nLmGom>
- Conanp. 2003. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 209 pp.
- Conanp. 2011. Historia, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Actualizado al 9 de Noviembre de 2011. Portal en línea: <http://bit.ly/1picfcl>

- Conanp. 2013. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre Valle de los Cirios. Comisión de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 228 pp.
- Conanp. 2014. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión de Áreas Naturales Protegidas. 162 pp.
- Conanp. 2016. Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas federales. Actualizado al 22 de Enero de 2016. Portal en línea: <http://bit.ly/1RgMvZX>
- Conanp. S/A. Términos de Referencia para la Elaboración de Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas competencia de la Federación. 46 pp.
- Conanp.gob.mx. 2014. Programa de Pago de Servicios Ambientales en Áreas Naturales Protegidas. Portal en línea de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 11 de Noviembre de 2014: <http://bit.ly/1QZmtJg>
- Conanp.gob.mx. 2016. Programas de manejo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: Qué hacemos. Actualizado al 22 de Enero de 2016. Portal en línea: <http://bit.ly/1RgMvZX>
- Corriveau, M., H. Jamieson, M. Parsons, J. Campbell, A. Lanzirotti. 2011. Direct characterization of airborne particles associated with arsenic-rich mine tailings: particle size, mineralogy and texture. *Appl Geochem*, 26: 1639-48.
- Csavina, J., A. Landázuri, K. Wonaschütz, P. Rine, B. Rheinheimer, W. Barbari, A. Conan, A. Sáez y E. Betterton. 2011. Metal and Metalloid Contaminants in Atmospheric Aerosols from Mining Operations. *Water Air Soil Pollut*. 221: 145–157.
- Csavina, J., J. Field, M. Taylor, S. Gao, A. Landázuri, E. Betterton, A. Sáez. 2012. A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Science of the Total Environment*. 433: 58-73.

- Csuros, M. y C. Csuros. 2002. Environmental sampling and analysis for metals. Lewis Publisher. 372 pp.
- De Echave, J. 2006. Mining and Communities in Peru: Constructing a Framework for Decision-Making, in: L. North, T. Clark, and V. Patroni (eds.), Community Rights and Corporate Responsibility: Canadian Mining and Oil Companies in Latin America 17. Toronto, Canada Between the Lines. 288 pp.
- De la Maza, R. 1999. Una historia de las áreas naturales protegidas en México. Gaceta Ecológica. Instituto Nacional de Ecología; Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. Nueva Época, n° 51, p. 15-34.
- Delgado, G.C. 2010. América Latina y el Caribe como reservas estratégicas de minerales. Pp: 17-58. En: G.C. Delgado (Ed.). Ecología Política de la Minería en América Latina. Aspectos Socioeconómicos, legales y ambientales de la mega minería. Centro Interdisciplinario de Ciencias y Humanidades. UNAM. 520 pp.
- Desarrollos Zapal. 2013. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero Los Cardones. Desarrollos Zapal, S.A. de C.V. Descargable en Portal de Trámites de Semarnat, clave: 03BS2013M0005: <http://tramites.semarnat.gob.mx/index.php/consulta-tu-tramite>)
- DHH, 2004. Evaluation of Potential Cancer Risk from Exposure to Gypsum at the A-4 Gypsum Pond. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Health Assessment and Consultation. U.S. Department of Health and Human Services. 16 pp.
- Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank / The World Wildlife Fund. Washington D.C.
- Dinman, B.D. 2001. Fundición y afino del cobre, plomo y zinc. En: M. McCann (Ed) Metalurgia y Metalistería, Capítulo 82. Industrias Manufactureras.

Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo, ONU. 66 pp.

DOF: 25/09/14. Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos para la aplicación de los recursos del Fondo para el Desarrollo Regional Sustentable de Estados y Municipios Mineros. Diario Oficial de la Federación, 25 de Septiembre de 2014.

DOF-03/08/49. Decreto que declara Zonas Protectoras Forestales y de Repoblación las cuencas de alimentación de las obras de irrigación de los Distritos Nacionales de Riego y se establece una veda total e indefinida en los montes ubicados dentro de dichas cuencas. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Diario Oficial de la Federación, 3 de Agosto de 1949.

DOF-07/11/02. Acuerdo por el que se re-categorizan como áreas de protección de recursos naturales, los territorios a que se refiere el Decreto Presidencial de fecha 8 de junio de 1949, publicado el 3 de agosto del mismo año. Semarnat. Diario Oficial de la Federación, 7 de Noviembre de 2002.

DOF-09/09/02. Acuerdo por el que se determina como área natural protegida de competencia federal, con la categoría de área de protección de recursos naturales, la Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, establecida mediante Decreto publicado el 20 de Octubre de 1938. Diario Oficial de la Federación, 9 de Septiembre de 2002.

DOF-20/10/38. Decreto que declara Zona Protectora Forestal Vedada los terrenos que limita la cuenca hidrográfica del río Necaxa. Diario Oficial de la Federación, 20 de Octubre de 1938.

DOF-20/12/13. ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican.

DOF-28/08/09. Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor

- precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. Diario Oficial de la Federación. 28 de Agosto de 2009.
- DOF-31/01/03. Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización. Diario Oficial de la Federación. 31 de Enero de 2003.
- Douglas I. y N. Lawson. 2000. Material flows due to mining and urbanization. In U. Ayers y L. Ayers (ed). Handbook of Industrial Ecology Cheltenham, UK/Northampton, MA: Elgar. Pp: 351–64.
- Durand, L. y E. Durán. 2008. The Local Perception of Tropical Deforestation and its Relation to Conservation Policies in Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Mexico. *Hum Ecol*, 36: 383 – 394.
- Durand, L. y J. Jiménez. 2010. Sobre áreas naturales protegidas y la construcción de no-lugares. Notas para México. *Revista Líder*, 16, Año 12: 59-72.
- Dwyer, A., C. Zoppou, O. Nielsen, S. Day, y S. Roberts. 2004. Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. Australian Government, Geoscience Australia: Canberra.
- Eakin, H., y L. A. Bojorquez-Tapia. 2008. Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environmental Change* 18 (1):112-127.
- Ec.gc.ca. 2015. Mining. Environment and Climate Change Canada. Portal web. Última modificación 17 de Noviembre de 2015: <https://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=en&n=FD9B0E51-1>
- ECOSOC. 2013. Estudio sobre las industrias extractivas en México y la situación de los pueblos indígenas en los territorios en que están ubicadas estas industrias. Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas. Foro Permanente para las Cuestiones Indígenas 12º período de sesiones Nueva York, 20 a 31 de mayo de 2013. 16 pp.

- Egresi, I. 2011. The curse of the gold: discourses surrounding the project of the largest pit-mine in Europe. *Human Geographies- Journal of Studies and Research in Human Geography*. Núm. 5.2: 57-68.
- Environmental Canada. 1996. Canada's National Environmental Indicators Series. Sitio web: <http://www1.sid.ncr.doe.ca/~ind/dfault.htm>
- Environmental Canada. 2015. Summary Review of Performance of Metal Mines Subject to the Metal Mining Effluent Regulations in 2013. Environmental Canada; Mining Section. 268 pp.
- EPA, 1998. Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Arsenic and Arsenic Compounds. United States Environmental Protection Agency. 279 pp.
- EPA. 2000: Liquid Assets: America's Water Resources at a Turning Point. EPA-840-B-00-001. Office of Water (4101) United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. U.S. Environmental Protection Agency, 2012. Mining Operations as Nonpoint Source Pollution. Última actualización: 1-11-2012. <http://1.usa.gov/1jXX1jw>
- EPA. 2004. Liquid assets 2000: Americans pay for dirty water: (<http://1.usa.gov/1almDR8>)
- EPA. 2011a. Industry Sector Profiles. 2011 Toxics Release Inventory (TRI) Program National Analysis Overview. United States Environmental Protection Agency. 6 pp.
- EPA. 2011b. Industry Sector Profile: Metal Mining. Quick Facts. 2011 Toxics Release Inventory (TRI) Program National Analysis Overview. United States Environmental Protection Agency. 2 pp.
- EPA. 2012. United States Environment Protect Agency. Toxics Release Inventory (TRI) Program: (<http://1.usa.gov/19Ey6k>)
- EPA. S/A. Management and Treatment of Water from Hard Rock Mines. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory by Science Applications International Corporation (SAIC). 43 pp. <http://1.usa.gov/1VRDPw>

- Eppinger, R., P. Briggs, C. Dusel-Bacon, S. Giles, L. Gough, J. Hammarstrom, B. Hubbard. 2007. Environmental geochemistry at Red Mountain, an unmined volcanogenic massive sulphide deposit in the Bonnifield district, Alaska Range, east-central Alaska. *Geochemical Exploration Environment Analysis*, 7: 207–223.
- Ezcurra, E. 1995. Las manifestaciones de impacto ambiental. Un análisis crítico. *Gaceta Ecológica, México. Nueva Época*, No. 36: 8-14.
- Farrington, J. 2005. The Impact of Mining Activities on Mongolia's Protected Areas: A Status Report with Policy Recommendations. *Integrated Environmental Assessment and Management*. Vol.1(3): 283–289.
- Fig, D. 2008. Stripping the desert: Uranium mining inside Namibia's Namib-Naukluft National Park. *South African Review of Sociology*. 39(2): 245-261.
- Figueroa, F. y V. Sánchez-Cordero. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17:3223–3240.
- Fmcn.org. 2015. Portal en línea del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., Institución Privada. Proyectos Especiales: Minería Sustentable. Actualizado en Septiembre de 2015: <http://bit.ly/1Tyvfi6>
- Furniss G, N. Hinman, G. Doyle y D. Runnells. 1999. Radiocarbon-dated ferricrete provides a record of natural acid rock drainage and paleoclimatic changes. *Environmental Geology*, 37: 102–106.
- Gaceta Parlamentaria. 2011. Dictamen a discusión de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con proyecto de decreto que adiciona los Artículos 3 y 15 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 23 de noviembre de 2011. Número 3397-IV.
- Gall, M. 2007. Indices of social vulnerability to natural hazards: a comparative evaluation. PhD Thesis, University of Southern Carolina.
- GDT-SGM. 2015. Información obtenida por correo electrónico desde la Gerencia de Documentación Técnica del Servicio Geológico Mexicano, a cargo del Ing. Bernardino Delgado Granados. 6 de Noviembre de 2015.

- Geoinfomex. 2015. Portal en línea del Servicio Geológico Mexicano con información de Sistemas de Información Geográfica. Revisado hasta noviembre de 2015: <http://mapasims.sgm.gob.mx/GeoInfoMexDb/>
- Gobierno de Australia. 2013. Australian National Pollutant Inventory 2011-12. Departamento de Medio Ambiente, Agua, Patrimonio y Artes. Australia.
- Godoy, J. 2008. Shelling Off. *Terraviva*, 6 (11 de Octubre):1, 8.
- González, A.Ch. 2015. Transformación antropogénica de México: entre la geografía natural y el legado histórico. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 54 pp.
- González-Mendoza, D. y O. Zapata-Pérez. 2008. Mecanismos de tolerancia a elementos potencialmente tóxicos en plantas. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 82: 53-61.
- Graham G. y K. Kelley. 2009. The Drenchwater deposit, Alaska: an example of a natural low pH environment resulting from weathering of an undisturbed shale-hosted Zn-Pb-Ag deposit. *Applied Geochemistry* 24:232–245
- Gratzfeld, J. 2003. Extractive Industries in Arid and Semi-Arid Zones: Environmental Planning and Management. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom. 112 pp.
- Gray, J.S. 2002. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin* 45: 46–52.
- Grupo México. 2014. Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular para el Proyecto “Perforación a diamante, para investigar a profundidad el comportamiento de la mineralización en la localidad de El Arco, Baja California”. Clave: 02BC2014MD052. 433 pp.
- Gutiérrez, M.E. y M. Moreno. 1995. Los Residuos en la Minería Mexicana. 37-44. En: F.J. Garfias y L. Barojas (eds.). *Los Residuos Peligrosos en México*. SEMARNAP-INE. 126 pp.
- Hall J. 2002b. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany* 53:1-11.

- Hall, J. 2002a. Bioconcentration, Bioaccumulation, and Biomagnification in Puget Sound Biota: Assessing the Ecological Risk of Chemical Contaminants in Puget Sound. University of Washington: Tahoma, USA. <http://bit.ly/1VV9l2h>
- Harvey, D. 2005. A brief history of neoliberalism. Oxford: Oxford Univ. Press. 247p.
- Hayes, T. 2006. Parks, people, and forest protection: an institutional assessment of the effectiveness of protected areas. *World Development* 34 (12): 2026-2075.
- Heath, H. J. 2002. La Minería en Baja California (1870-1900) (pp. 91-136). En: J.M Romero, H. Heath e I. Rivas (eds.). *Noroeste Minero; la minería en Sonora, Baja California y Baja California Sur durante el Porfiriato*. ISC/ UABCS/ Plaza y Valdez S.A. de C.V. 168 pp.
- Henny, C., R.J. Hallock, E.F. Hill. 1994. Cyanide and migratory birds at gold mines in Nevada, USA. *Ecotoxicology*. 3 (1): 45-58
- Hernández, A. M. 2015a. La Guía de Ocupación Superficial de la SE es “un instrumento de despojo”: Albores. *La Jornada de Oriente: Sociedad y Justicia*. 11 de Abril de 2015. En línea: <http://bit.ly/1LcBf98>
- Hernández, A. M. 2015b. Triunfo nacional, la aceptación del amparo contra mineras: ONG. *La Jornada de Oriente*. 15 de Abril de 2015. <http://bit.ly/1UZ0yke>
- Herrera, C.I. y E. González M. 1995. *Mining Metallurgy and the Environment in Mexico during the Twentieth Century*. The International Council on Metals and the Environment. Canada. 28 pp.
- Higueras Higueras, P., R. Oyarzun M. y H. Maturana C. s/a. *Minería y Toxicología, Contaminantes Mineros concretos: Plomo, Arsénico, Mercurio, Cadmio*. Disponible en: <http://bit.ly/1Te1G3e>
- Hitchner, S. 2010. Heart of Borneo as a “Jalan Tikus”: Exploring the Links Between Indigenous Rights, Extractive and Exploitative Industries, and Conservation at the World Conservation Congress 2008. *Conservation and Society* 8(4): 320-330.

- Hoffman, A. 2009. Shades of Green. Stanford Social Innovation Review. Spring 2009: 40-49.
- Hodges, C. A. 1995. Mineral resources, environmental issues and land use. Science 268 (5215): 1305–12.
- Hope B. 1993. Estimating contaminant transport by biological vectors. Chemosphere, 27: 817–24.
- Horowitz, L. S. 1998. Integrating indigenous resource management with wildlife conservation: a case study of Batang Ai National Park, Sarawak, Malaysia. Human Ecology 26: 371–403.
- Hutchins, M. C. Walck, D. Sterk y G. Campbell. 2005. Corporate Social Responsibility: A Unifying Discourse for the Mining Industry? Greener Management International. Vol. 52: 17-30.
- INE. 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México. 243 pp.
- INE-Semarnap. 1997. Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 90 pp.
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza. 104 pp.
- IPCCA. 2011. Analytical Background Paper on the Legal Aspects of REDD+ and Recent REDD+ Policy Developments. Indigenous Peoples' Biocultural Climate Change Assessment Initiative (IPCCA). 47 pp: <http://bit.ly/1Kpe5kK>
- IUCN. 2004. Speaking a Common Language. The uses and performance of the IUCN System of Management Categories for Protected Areas. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 195 pp.

- Iucn.org. 2014. Portal en línea de la International Union for Conservation of Nature en español. Noticias: El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. recibe importante reconocimiento por su trayectoria del gobierno mexicano. 30 de Octubre de 2014: <http://bit.ly/1PNUZRy>
- Jennings, S.R., Neuman, D.R. and Blicher, P.S. 2008. Acid Mine Drainage and Effects on Fish Health and Ecology: A Review". Reclamation Research Group Publication, Bozeman, MT. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage Fish and Wildlife Field Office. 26 pp.
- Kemp, D. 2010. Mining and Community Development: Problems and Possibilities of Local Level Practice. Community Development Journal. Vol. 45-2: 198-218.
- Kempton H. y B. Frenzel. 2000. The Impact of Early Mining and Smelting in the Local Tropospheric Aerosol detected in Ombrotrophic Peat Bogz in the Harz, Germany. Water Air Soil Poll. 121: 93–108.
- Kepore, K. y B. Imbun. 2010. Mining and Stakeholder Engagement Discourse in a Papua New Guinea Mine. Corporate Social Responsibility and Environmental Management Pub. Online 20 July 2010: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/csr.243/pdf>.
- Kolpin D, J. Barbash, R. Gilliom. 1998. Occurrence of pesticides in shallow groundwater of the United States: initial results from the National water-quality assessment program. Environ Sci Technol, 32: 558-66.
- Korna, A., S. Saad, M. Abd El-Rahman. 2014. Natural radioactivity levels and radiation hazards for gypsum materials used in Egypt. Natural Science. Vol.6, No.1, 5-13.
- Koziell, I. y E. Omosa. 2003. Room to Manoeuvre? Mining, biodiversity and protected areas. International Institute for Environment and Development y World Business Council for Sustainable Development. London. 50 pp.
- Kwong, Y., G. Whitley, P. Roach. 2009. Natural acid rock drainage associated with black shale in the Yukon Territory, Canada. Applied Geochemistry. 24:221–231.

- La Jornada. 2014. Este año Profepa inspeccionó 349 minas y sancionó a diez. Redacción, La Jornada. Martes 30 de diciembre de 2014, p. 15. bit.ly/1ITA6rD
- Lacerda, L. 1997. Global mercury emissions from gold and silver mining. *Water Air Soil Pollut*; 97:209-21.
- Latouche, S. y D. Harpagès. 2011. La hora del decrecimiento, traducción de Rosa Bertran Alcázar. Título original *Le temps de la décroissance*, Éditions Thierry Magnier, 2010. Ediciones Octaedro. 115 pp.
- Lefcort, H., J. Vancura y E.L. Lider. 2010. 75 years after mining ends stream insect diversity is still affected by heavy metals. *Ecotoxicology*. 19: 1416–1425.
- Ley Federal de Derechos. 2014. Diario Oficial de la Federación, 11 de agosto de 2014. DOF 11-08-2014
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. 2013. Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013. DOF 07-06-2013.
- Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental. 11 de Junio de 2002. Última reforma DOF-08/06/12. 25 pp.
- Ley Minera. 1992. Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992. DOF 26/06/92.
- Ley Minera. 2014. Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2014. DOF 11/08/14.
- LGEEPA. 2012. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Última Reforma DOF 04/06/12.
- LGEEPA. 2013. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 28 de enero de 1988. Última Reforma DOF 05/11/13.
- López B., F. y M. Eslava G. 2011. El Mineral o la Vida. La legislación minera en México. Creative Commons Attribution. Stanford, E.U.A. 80 pp.
- Lottermoser, B. 2010. Mine Wastes, Characterization, Treatment and Environmental Impact. Third Edition. Springer. Australia. 408 pp.

- MacDonald, C. 2008. Green Inc. An Environmental Insider Reveals How a Good Cause Has Gone Bad. Guilford, CT: The Lyons Press.
- Mapa.Conflictosmineros.net. 2016. OCMAL: Observatorio de Conflictos Mineros en América Latina. Portal en línea: <http://www.conflictosmineros.net/>
- Marmolejo-Rodríguez, A.J., M.A. Sánchez-Martínez, J.A. Romero-Guadarrama, A. Sánchez-González y V.R. Magallanes-Ordóñez. 2011. Migration of As, Hg, Pb, and Zn in arroyo sediments from a semiarid coastal system influenced by the abandoned gold mining district at El Triunfo, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Environmental Monitoring*. 13(8): 2182-2189.
- Maron M., Hobbs, R. J., Moilanen A., Matthews, J. W., Christie, K., Gardner, T. A., Keith, D. A., Lindenmayer, D. B., McAlpine, C. A. 2012. "Faustian bargains? Restoration realities in the context of biodiversity offset policies", *Biological Conservation* 155: 141–148.
- Martínez-Alier, J. 2004. El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración. Barcelona: Icaria editorial. 368 pp.
- Martínez-Alier, J. 2008. Conflictos ecológicos y justicia ambiental. *Papeles*, 103: 11-27.
- Mas, J.F. 2005. Assessing Protected Area Effectiveness using Surrounding (Buffer) Areas Environmentally Similar to the Target Area. *Environ Monit Assess*. 105: 69–80.
- Mascia, M. B. 2003. The human dimension of coral reef marine protected areas: recent social science research and its policy implication. *Conserv Biol*. 17(2): 630–632.
- McCarthy, J.J. Canziani, O.F., Leary, N.A. Dokken, D.J., White, K.S. (eds). 2001. *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- McDonald, R., P. Kareiva y R. Forman. 2008. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biol Cons*. 141: 1695-1703.

- McKinley, A. 2008. The drivers and performance of corporate environmental and social responsibility in the Canadian mining industry. Tesis of Masters of Arts in Geography Department and Center for Environment. University of Toronto. 225 pp.
- McNally, G.H. 2003. Soil & Rock Construction Materials. E & FN Spon, Routledge. New York. 403 pp.
- McNeely, J. y D. Pitt. 1985. Culture: The Missing Element in Conservation and Development. En: J. A. McNeely and D. Pitt (eds.) Culture and Conservation: The Human Dimension in Environmental Planning. 1-9. London, England, and Dover, N.H.: Croom Helm. 308 pp.
- Meadows, D., J. Randers y D. Meadows. 2004. Limits to Growth, the 30-years update. Chelsea Green Pub. 342 pp.
- Mendoza, E. 2015. 635 sitios altamente contaminados en México. Revista Contralínea: Medio Ambiente y Portada. 15 de Noviembre: <http://bit.ly/1RfbHPW>
- Merrifield, M.A. y Winant C.D. 1989. Shelf circulation in the Gulf of California: A description of the variability. J Geophys Res. 94 (C12): 18133–18160.
- Merry, R. 1981. Contamination of wheat crops around a lead–zinc smelter. Environ Pollut Bulletin. 2:37-48.
- Metals Economics Group. 2012. Worldwide Exploration Trends. A Special Report from Metals Economics Group for the PDAC International Convention. 6 pp.
- Mexichem. 2009. Manifestación de Impacto Ambiental, Clave 24SL2009MD016: Planta de Beneficio de Jales, Unidad Minera “Las Cuevas”, Comunidad La Salitrera, Mpio de Zaragoza, S.L.P. Mexichem-Flúor. 414 pp.
- Minera Autlán. 2008. Reporte Anual. Acciones representativas del Capital Social de la Sociedad Serie “B” Bolsa Mexicana de Valores. Compañía Minera Autlán S.A.B. de C.V. 39 pp.
- Minera Pitalla. 2012. Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto Minero San Antonio. Compañía Minera Pitalla, S.A. de C.V. Clave del proyecto: 03BS2011M0012. 393 pp.

- Minera y Metalúrgica Del Boleo S.A de C.V. 2006. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional, Explotación Minera El Boleo. Corporación Ambiental de México S.A. de C.V. (Descargable en Portal de Trámites de Semarnat, clave: 03BS2006M0007: <http://bit.ly/1caUYdH>)
- Moffat, K. y A. Zhang. 2014. The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining. *Resources Policy*. 39: 61–70.
- Moore J. y S. Luoma. 1990. Hazardous wastes from large scale metals extraction: a case study. *Environ Sci Technol*. 24:1278–85
- Morales, J. 2002. Trasnacionalización del capital minero mexicano. En: A. Coll-Hurtado, M. Sánchez-Salazar, J. Morales. *La minería en México*. México, Instituto de Geografía. UNAM. Colección Temas Selectos de Geografía de México. 51-81.
- Moran, R. 2000. Is This Number to Your Liking? Water Quality Predictions in Mining Impact Studies. 185-198. In: D. Sarewitz, R. Pielke Jr. y R. Byerly Jr. (Eds.) *Prediction; Science, Decision Making and the Future of Nature*. Island Press. EUA. 345 pp.
- Moran, R. 2010. "Proyectos de Minería Metalífera: Impactos frecuentes relacionados con el agua" En el marco del Foro Debate Minería y Sociedad, organizado por la Universidad Nacional de San Juan. 14 y 15 de octubre de 2010 en San Juan, Argentina.
- Munarriz, G. J. 2008. Rhetoric and Reality: The World Bank Development Policies, Mining Corporations, and Indigenous Communities in Latin America. *Int'l Comm L Rev*. 10 (4): 431-443.
- Munk, L., G., Faure, D. Pride, J. Bigham. 2002. Sorption of trace metals to an aluminum precipitate in a stream receiving acid rock-drainage; Snake River, Summit County, Colorado. *Appl. Geochem*. 17: 421–430.
- Muñoz-Barbosa, A. y M. Huerta-Díaz. 2013. Trace metal enrichments in nearshore sediments and accumulation in mussels (*Modiolus capax*) along the eastern

- coast of Baja California, Mexico: Environmental status in 1995. *Mar Pollut Bull.* 77: 71-81.
- Nat. Resour. Can. 2004. Mining environment neutral damage (MEND). Natural Resources of Canada. <http://bit.ly/1TKubWe>
- Nelsen, J.L. 2006. Social License to Operate. *Int J Min Reclam Env.* 20(3): 161-162.
- Nies, D.H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology* 51: 730-750.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 30 de Diciembre de 2010.
- Nordstrom, D. K. y C. N. Alpers. 1999. Negative pH, efflorescent mineralogy, and consequences for environmental restoration at the Iron Mountain Superfund site, California. *National Academy of Science.* 96 (7): 3455-3462.
- Ocampo, A. S. 2012. Indígenas de Guerrero se oponen a reserva de la biosfera en sus tierras. *La Jornada.* Publicación online. 4 de octubre de 2012: (<http://bit.ly/PU6fiz>)
- OLCA. 2012. Empresas extractivas, juego de máscaras que hay que descifrar: Una mirada desde las experiencias comunitarias. Guía para para uso comunitario. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales/ Autora: Consuelo Infante. Fundación Rosa Luxemburgo. 44 pp.
- Olías, M., J.M. Nieto, A. Miguel, C. Ruiz y L. Galván. 2011. Water Quality in the Future Alcolea Reservoir (Odiel River, SW Spain): A Clear Example of the Inappropriate Management of Water Resources in Spain. *Water Resour Manage.* 25: 201–215.
- OMS. 2006. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Resumen de Evaluación de los Riesgos. Organización Mundial de la Salud. 25 pp.

- ONU. 2013. Estudio sobre las industrias extractivas en México y la situación de los pueblos indígenas en los territorios en que están ubicadas estas industrias. Foro Permanente para las Cuestiones Indígenas. 12^{avo} período de sesiones. Nueva York, 20 a 31 de mayo de 2013. Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.
- Ostrom, E. 1990. Governing the commons. The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press. 280 pp.
- Ostrom, E. 2009. Las reglas que no se hacen cumplir son mera palabrería. Revista de Economía Institucional. Vol., 11-21, segundo semestre: 15-24.
- Otrosmundoschiapas.org. 2011. REDD: la codicia por los árboles. El Caso Chiapas: la Selva Lacandona al mejor postor. 9 de Noviembre de 2011. Portal en línea de Otros Mundos Chiapas: <http://bit.ly/1PxpG1A>
- Ougaard, M. 2004 The CSR movement and global governance. In En Sengupta, S. (ed.) Business-social partnerships: An international perspective. Aalekh Publishers: Jaipur, India.
- Palacio Legislativo. 30-09-2014. Plantea Guerra Abud modificar la legislación para establecer penas más fuertes a quienes violen disposiciones ambientales. Notilegis. Palacio Legislativo. Nota N° 8345.
- Palmer, M. A., E. S. Bernhardt, W. H. Schlesinger, K. N. Eshleman, E. Foufoula-Georgiou, M. S. Hendryx, A. D. Lemly, G. E. Likens, O. L. Loucks, M. E. Power, P. S. White y P. R. Wilcock. 2010. Mountaintop Mining Consequences. Science Vol. 327. Policy Forum. Pp. 148-149. <http://bit.ly/1RfJgRK>
- Pino, E. 2001. Análisis de indicadores de sostenibilidad ambiental y urbana en las Agendas 21, local y ecoauditorías municipales. El caso de las regiones urbanas europeas. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.
- PNUMA. 2015. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Informe Anual 2014. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente 2015. 59 pp.

- Pokarzhevskii, A.D. y N.M. Van Straalen. 1996. A multi-element view on heavy metal biomagnification. *Appl Soil Ecol.* 3: 95-98.
- Polanco, C. 2006. Indicadores ambientales y modelos internacionales para toma de decisiones *Gestión y Ambiente*, 9(2): 27-41.
- Posey, H., M. Renkin y J. Woodling. 2000. Natural acid drainage in the upper Alamosa River of Colorado. In: *Proceedings from the 5th international conference on acid rock drainage*, vol 1. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton. Pp: 485–498.
- Pretty, J. y D. Smith. 2004. Social capital in biodiversity conservation and management. *Conserv Biol.* 18 (3):631–638.
- Profepa. 2015. Profepa 44 emergencias ambientales en los últimos dos años. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, portal web. 20 de Septiembre de 2015. bit.ly/1PMZdMa
- Profepa. 2016. Concluye Profepa inspección a 1,130 minas en el país y aplica multas por 44.29 millones de pesos. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, portal web. 3 de Enero de 2016. bit.ly/1OQvtB5
- RAISG. 2012. Amazonía bajo presión. Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada. 68 pp. <http://bit.ly/1nbHDbI>
- Ramírez, E. 2012. Un cuarto del país en manos de mineras extranjeras. *Revista Contralínea*. 22 de Enero de 2012: <http://bit.ly/yp6GDn>
- Ramírez, E. 2014. México, paraíso fiscal para mineras. *Revista Fortuna*, 6 de Mayo de 2014. En línea: <http://bit.ly/1z6oCLT>
- RANP-LGEEPA. 2004. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas. Última reforma publicada DOF-28/12/2004. 44 pp.
- RANP-LGEEPA. 2014. Reglamento en materia de Áreas Naturales Protegidas de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación* 21-05-2014. 53 pp.
- Ravi, S., P. D'Odorico, D. Breshears, J. Field, A. Goudie, T. Huxman, J. Li, G. Okin, R. Swap, A. Thomas, S. Van Pelt, J. Whicker y T. Zobeck. 2011.

- Aeolian processes and the biosphere: interactions and feedback loops. *Rev Geophys.* 49: RG3001.
- Rawlins, B., R. Lark, R. Webster, K. O'Donnell. 2006. The use of soil survey data to determine the magnitude and extent of historic metal deposition related to atmospheric smelter emissions across Humberside, UK. *Environ Pollut.* 143: 416–26.
- Rayman-Bacchus, L. 2004. Assessing trust in, and legitimacy of, the corporate. In Crowther, D. y L. Rayman-Bacchus (eds.) *Perspectives on Corporate Social Responsibility*. Ashgate: Burlington.
- Reddmonitor.org. 2015. International Day of Struggle against Tree Monocultures: “Plantations are not Forests”. 22 de Septiembre de 2015: <http://bit.ly/1TCIsY8>
- REIA. 2012. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000. Última Reforma DOF-26/04/12.
- Remamx.org. 2016. REMA: Red Mexicana de Afectados por la Minería. Portal en línea. Portal en línea: <http://www.remamx.org/>
- Rico, M., G. Benito, A. Salgueiro, A. Diez-Herrero y H. Pereira. 2008. Reported Tailings Dam Failures: A Review of the European Incidents in the Worldwide Context. Elsevier, Netherlands. Pp: 846–852.
- Ripley, E., R. Redman y A. Crowder. 1996. *Environmental Effects of Mining*. Delray Beach, FL: St Lucie Press.
- Ritter L., K. Solomon, P. Sibley, K. Hall, P. Keen, G. Mattu y B. Linton. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton Inquiry. *J Toxicol Environ Health A*, 65:1-142.
- Rivas, H. I. 2002. El desarrollo minero en el sur de la Baja California (1860-1910) (pp. 137-168). En: J.M Romero, H. Heath e I. Rivas (eds.). *Noroeste Minero; la minería en Sonora, Baja California y Baja California Sur durante el Porfiriato*. ISC/ UABCS/ Plaza y Valdez S.A. de C.V. 168 pp.

- Robertson, M. 2008. Evaluation of a market in wetland credits: Entrepreneurial wetland banking in Chicago. *Conservation Biology* 22 (3): 636-646.
- Rodrigues, A., S. Andelman, M. Bakarr, L. Boitani, T. Brooks, R. Cowling, L. Fishpool, G. da Fonseca, K. Gaston, M. Hoffmann, J. Long, P. Marquet, J. Pilgrim, R. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. Stuart, L. Underhill, R. Waller, M. Watts y X. Yan. 2004. Effectiveness of the Global Protected Area Network in Representing Species Diversity. *Nature*, 428: 6983: 640-643.
- Rodríguez, C. S. 2002. Estudio de la desulfuración en los minerales de Peña Colorada. Tesis de Maestría con Especialidad en Metalurgia. Universidad de Colima. 97 pp.
- Rodríguez-Figueroa G.M., E. Shumilin, I. Sánchez-Rodríguez. 2009. Heavy metal pollution monitoring using the brown seaweed *Padina durvillaei* in the coastal zone of Santa Rosalía mining region, Baja California Peninsula, Mexico. *J Appl Phycol*. 21: 19-26.
- Rodríguez-Figueroa, G., E. Shumilin, I. Sánchez-Rodríguez. 2009. Heavy-metal pollution monitoring using brown seaweed *Padina Durviaelli* in the coastal zone of Santa Rosalía mining region, Peninsula of Baja California. *J Appl Phycol* 21:19–26
- Romero-Gil, J. 2001. El Boleo, Santa Rosalía, Baja California Sur, un pueblo que se negó a morir, 1885-1954. Editorial Universidad de Sonora, México. 373 pp.
- Romero-Schmidt, H. y A. Ortega-Rubio. 2012. Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna: Salud Ambiental Versus Minería a Cielo Abierto. CIENCIA y DESARROLLO Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT. Septiembre-Octubre. 2012: 14-21.
- Rosenfeld, A., D. Gordon y M. Guerin-McManus.1997. Reinventing the Well: Approaches to Minimizing the Environmental and Social Impacts of Oil Development in the Tropics. Conservation International. 81 pp.

- Rubio, J. 1997. Inventario nacional de recursos minerales de cloruro sódico y sales potásicas. Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España. 457 pp.
- Ruiz, C.A. 2004. Situación y tendencias de la minería aurífera y el mercado internacional del oro. Volumen 71 de Serie recursos naturales e infraestructura. United Nations Publications. 84 pp.
- Ryser, P. y W.R. Sauder. 2006. Effects of heavy-metal-contaminated soil on growth, phenology and biomass turnover of *Hieracium piloselloides*. *Environ Pollut.* 140: 52–61.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.
- Sabiha-Javied, T. Mehmood, M. Chaudhry, M. Tufail y N. Irfan. 2009. Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. *Microchem J.* 91: 94–99.
- Sánchez-Azofeifa, A., G. Daily, A. Pfaff. y C. Busch. 2003. Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change. *Biol Cons.* 109: 123–135.
- Sánchez-Martínez, M., A. Marmolejo-Rodríguez, V. Magallanes-Ordóñez, A. Sánchez-González. 2013. Vertical accumulation of potential toxic elements in a semiarid system that is influenced by an abandoned gold mine. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 130: 42-53.
- Sariego, J.L. 2010. De minas, mineros, territorios y protestas sociales en México : los nuevos retos de la globalización. *Cahiers des Amériques Latines* [En ligne], 60-61. En línea: <http://cal.revues.org/1435>
- Sariego, R. J.L. 1994. Minería y territorio en México: Tres modelos históricos de implantación socio-espacial. *Estudios demográficos y urbanos: México, D.F.:* El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano: v. 9, no. 2 (26): 327-337.

- Sariego, R. J.L. 2011. La minería mexicana: el ocaso de un modelo nacionalista. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Vol. XXXVIII, N° 68, primer semestre 2011: 137-165.
- SE, 2014. Guía de Ocupación Superficial. Alianzas estratégicas para la promoción y el desarrollo de la competitividad del sector minero mexicano. Secretaría de Economía. 33 pp.
- SE. 2012a. Minería en México. Su mejor oportunidad de inversión. Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía. Gobierno Federal. 6 pp.
- SE. 2012b. Diagnóstico de Empresas Mexicanas con Capital Extranjero en la Industria Minero Metalúrgica del país. Estadísticas Cuarto Trimestre 2012. Dirección General de Desarrollo Minero. Dirección de Proyectos y Asuntos Internacionales. 6 pp.
- Semarnap-INE. 1997. Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México, México. 90 pp.
- Semarnat. 2004. Información proporcionada por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. INE, México.
- Semarnat. 2006. Resolutivo en materia de impacto ambiental al Proyecto El Boleo de la Empresa Minera y Metalúrgica El Boleo S.A. de C.V. Clave: 03BS2006M0007. 114 pp.
- Semarnat. 2008a. Informe Nacional de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RETC 2004. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 57 pp.
- Semarnat. 2008b. Análisis de la información del grupo de datos consistentes (Cap 1). Informe Nacional de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RETC 2005. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 47 pp.
- Semarnat. 2014. Resolutivo al Proyecto Minero Los Cardones. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Clave: 03BS2013M0005. 178 pp.

- Semarnat.gob.mx. 2013. Sitios Contaminados: SISCO (Sistema Informático de Sitios Contaminados). Actualizado al 19 de Diciembre de 2013. Portal en línea: <http://bit.ly/1K1ewlC>
- Serapaz.org.mx. 2015. Comunidades de la Montaña de Guerrero declaran su territorio libre de minería. Comunicado de Prensa, Defensa y Territorio. Serapaz, Servicios y Asesoría para la Paz. 23 de Julio de 2015. En línea <http://bit.ly/1JZe0V1>
- SGM, Portal Web. Precios Históricos de oro, plata y cobre (mínimos, promedios y máximos). Portal Web del Servicio Geológico Mexicano, Secretaría de Economía: <http://bit.ly/1wR8wjY> Revisado en Enero de 2016.
- SGM. 2013. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2012, edición 2013. Servicio Geológico Mexicano. Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía. P. 24 y 32. 552 pp.
- SGM. 2014. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2014, edición 2014. Servicio Geológico Mexicano. Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía. 628 pp.
- SGM. 2014. Mining Investment Project, Developed by Mexican Geological Survey. Servicio Geológico Mexicano. 64 pp. Disponible en: <http://bit.ly/1HoH3jM>
- Sheppard SC. 2005. Assessment of long-term fate of metals in soils: inferences from analogues. Can J Soil Sci; 85:1-18.
- Shumilin, E. V. Gordeev, G. Rodríguez-Figueroa, L. Demina y K. Choumiline. 2011. Assessment of Geochemical Mobility of Metals in Surface Sediments of the Santa Rosalia Mining Region, Western Gulf of California. Arch Environ Contam Toxicol 60: 8–25.
- Shumilin, E., A. Jiménez-Illescas y S. López-López. 2013. Anthropogenic Contamination of Metals in Sediments of the Santa Rosalía Harbor, Baja California Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 90 (3): 333-337.
- SIAM. Sistema de Administración Minera, Secretaría de Economía. Portal en internet, revisado hasta 2014: <http://bit.ly/1IQJPgB>

- Simec.conanp.gob. 2016. Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC): Subsistema de Evaluación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Portal en línea revisado en Enero de 2016: <http://bit.ly/1om3qNT>
- Sotelo E. y O. Jurado. 2007. Criterios de asignación de municipios a las cuencas hidrográficas: el reto de la caracterización socioeconómica de una unidad natural. Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Cuencas hidrográficas, Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto Nacional de Ecología, FIRCO, Querétaro 19-21 septiembre 2007: (<http://bit.ly/1dZBSU0>)
- Soucek, D. J., D. S. Cherry, R. J. Currie, H. A. Latimer y G. C. Trent. 2000. Laboratory and field validation in an integrative assessment of an acid mine drainage-impacted watershed. *Environ Toxicol Chem.* 19(4): 1036-1043.
- Sullivan, S. 2009. Green capitalism, and the cultural poverty of constructing nature as service-provider. *Radical Anthropology* 3: 18-27.
- Schwartz, J., F. Laden y A. Zanobetti. 2002. The Concentration–Response Relation between PM2.5 and Daily Deaths. *Environmental Health Perspectives.* Vol. 10 (10): 1025-1029.
- Toledo, V. 2005. Repensar la Conservación, Áreas Naturales Protegidas o Estrategia Bioregional. *Gaceta Ecológica*, núm. 77, octubre-diciembre: 67-83.
- Tribunal de Salud. 2012. El Caso de las Comunidades afectadas por la minería en contra de Goldcorp (10 archivos). Tribunal Popular Internacional de Salud: (<http://bit.ly/Mrd5sc>)
- Turner, S.D. 2012. *World Heritage Sites and the Extractive Industries.* 75 pp.
- UNESCAP. 1992. *Environmental Impact Assessment, Guidelines for Mining Development*, p. 6. NewYork/ Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.
- Uribe-Saldarriaga, C. 2014. Mercadeo verde de una empresa dorada. *Estudios Gerenciales* 30: 95-100. En línea: <http://bit.ly/1X3GDIM>

- Urquiza, H.E. 2009. Análisis de capacidades nacionales para la conservación in situ. En: CONABIO – PNUD. México: Capacidades para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Pp. 51–94. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México, D.F.
- USGS. 2009. Methods for estimating water withdrawals for Mining in the United States. Scientific Investigations Report 2009-5053. U.S. Geological Survey. EUA.
- USGS. 2014. 2012 Mexico Minerals Yearbook: The Mineral Industry of Mexico. Prepared by Alberto Perez. U.S. Geological Survey. 14 pp.
- Verplanck PL, Nordstrom DK, Bove DJ, Plumlee GS, Runkel RL (2009) Naturally acidic surface and ground waters draining porphyry-related mineralized areas of the Southern Rocky Mountains, Colorado and New Mexico. *Applied Geochemistry* 24: 255–267.
- Viales-Hurtado, R. y J. Hernández. 2012. Los conflictos ecológico-distributivos en Puntarenas: el caso de la Mina Bellavista de Miramar, una aproximación inicial. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*. Octubre: 243-286.
- Vogel-Mikuš K., P. Pongrac, P. Kump, M. Nečemer y M. Regvar. 2006. Colonisation of a Zn, Cd and Pb hyperaccumulator *Thlaspi praecox* Wulfen with indigenous arbuscular mycorrhizal fungal mixture induces changes in heavy metal and nutrient uptake. *Envir Poll.* 139:362-371.
- Volkamer, R., J.L. Jimenez, F. San Martini, K. Dzepina, Q. Zhang, D. Salcedo, L. Molina, D. Worsnop y M. Molina. 2006. Secondary organic aerosol formation from anthropogenic air pollution: rapid and higher than expected. *Geophysical Research Letters*, 33: L17811.
- Volke-Sepúlveda, T., G. Solórzano-Ochoa, A. Rosas-Domínguez, C. Izumikawa, G. E. Aguilar, J. A. Velasco-Trejo y S. Flores-Martínez. 2003. Remediación por sitios contaminados por metales provenientes de jales mineros en los distritos de El Triunfo-San Antonio y Santa Rosalía, Baja California Sur.

- Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Instituto Nacional de Ecología CENICA-INE-Semarnat. Reporte Final. pp. 1-37.
- Volke-Sepúlveda, T., J. Velasco y D. De la Rosa. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). 141 pp.
- Walker, S., A. Brower, T. Stephens y W. Lee. 2009. Why bartering biodiversity fails. *Conservation Letters* 2 (4): 149-157.
- Warhurst A. 1994. The limitations of environmental regulation in mining. In *Mining and the Environment. International Perspectives on Public Policy*, ed. RG Eggert, Washington, DC: Resour. Future. pp. 133–72.
- Warhurst, A. 2000. Mining, mineral processing, and extractive metallurgy; an overview of the technologies and their impact on the physical environment. In: Warhurst A, Noronha L (eds). *Environmental policy in mining; corporate strategy and planning for closure*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp 33–56.
- WB-IFC. 2002. *Large Mines and Local Communities: Forging Partnerships, Building Sustainability*. World Bank and International Finance Corporation. 22 pp.
- WCC. 2000. *Resolutions & Recommendations*. IUCN Second World Conservation Congress, Amman, Jordania. International Union for Conservation of Nature. 109 pp.
- Weber, W.J., P.M. McGinley y L.E. Katz. 1991. Sorption phenomena in subsurface systems concepts, models, and effects on contaminant fate and transport. *Water Res.* 25: 499-528.
- Wilshusen, P., S. Brechin, C. Fortwangler y P. West. 2002. Reinventing a square wheel: critique of a resurgent “protection paradigm” in international biodiversity conservation. *Society and Natural Resources*, 15: 17-40.
- Wireman, M. y B. Stover. 2011. *Hard-Rock Mining and Water Resources*. *Ground Water*. Vol. 49 (3): 310-316.
- Wolf, S. 2008. *Vulnerability, Risk and Related Concepts - Clarification via Formalisation*. *Regional Environmental Change*, Submitted.

- World Bank. 2016. Indexmundi, Portal Web. Oro Precio Mensual- dólares por onza troy. Indexmundi, precios del mercado: <http://bit.ly/1n3as9G> Revisado en Enero de 2016.
- World Bank. 2003. Mining Reform and the World Bank: Providing a Policy Framework for Development. World Bank Group. 36 pp (1-2); (<http://bit.ly/17ySgGI>)
- WRI. 2004. Mining and Critical Ecosystems: Mapping the Risks. Washington, DC: World Resources Institute. 58 pp.
- Young, E. 2000. Local People and Conservation in Mexico's El Vizcaino Biosphere Reserve. Geographical Review, Vol. 89, No. (3): 364-390.

10. ANEXOS

Anexo 1

Tabla XIX. Tipo de mina de acuerdo a la ubicación vertical del yacimiento en el subsuelo y si realiza excavación (V: Valoración).

V	Tipo	Descripción de los principales impactos ambientales
0.15	Cielo abierto sin excavación	Se elimina la cubierta vegetal en toda el área de extracción, procesamiento y caminos aledaños (dependiendo de la escala) o parcialmente si se localiza en una planicie costera. Se genera ruido y abundante polvo fino en el acarreo del mineral (incrementados si hay uso de explosivos). Es una mina en la superficie que extrae minerales sin hacer excavación ni descapote en el subsuelo, por lo que no generan tepetate*.
0.50	Subterránea	Se hace desmonte de la superficie sólo para las zonas de procesamiento. Se pueden generar suelos inestables y/o hundimientos en la superficie; se contaminan aguas subterráneas con los restos de explosivos (nitrato de amonio/combustible, ANFO), grasas, diésel, lubricantes u otros hidrocarburos empleados en la maquinaria. Si hay presencia de compuestos sulfurados en el subsuelo que hayan sido perturbados, son posibles generadores de drenaje ácido con el escurrimiento de agua y la aireación de los túneles que se hayan abierto. El tepetate* de la mina puede ser utilizado para relleno de cavidades o se extrae y se acumula en el exterior.
0.82	Cielo abierto con excavación (formación de tajos)	Además del desmonte, ruido y polvo del acarreo mencionados, se hace un descapote total del suelo hasta llegar a la mena que suele estar dispersa en amplias superficies, generándose hoyos enormes llamados tajos, así como enormes cantidades de tepetate*, mismo que es acumulado en escombreras o tepetateras. Este tepetate es re-distribuido lentamente a zonas aledañas por acción de lluvia y viento, ocasionando sedimentación de cuerpos de agua y cubriendo la vegetación y el suelo. Al haber compuestos sulfurados en el yacimiento, puede generarse drenaje ácido tanto en las tepetateras como en los tajos (lagos ácidos) al estar directamente expuestos al oxígeno atmosférico y a la lluvia. Los tajos pueden alterar el curso hidrológico local, cuando sobrepasan el nivel freático. Después del cierre de la mina, al detener el bombeo habitual del agua del fondo del tajo, el agua recupera su nivel aflorando en el fondo y contaminándose con metales pesados, sólidos disueltos y suspendidos y/o

acidificándose al contacto con minerales sulfurados. Con el tiempo puede conducir a contaminación descontrolada de aguas superficiales y a formación de lagos artificiales contaminados. Este tipo de excavación es la que tiene el mayor impacto sobre el paisaje.

1.00 Cielo
abierto con
excavación/
Subterránea

Combina las dos anteriores.

*Tepetate, borra, roca encajonante o escombro de desecho que fue minado del yacimiento para llegar a la mena donde está el mineral objetivo. No está clasificado como residuo peligroso, los mineros lo consideran inerte y debido a ello su acumulación no lleva geomembrana (o *liner*) en la base.

Tabla XX. Escala de procesamiento del proyecto minero según el Reglamento de la Ley Minera (Cap. III, Art. 9).

V	Escala	Descripción
0.13	Pequeña	Se considera pequeño minero quien extraiga mensualmente antes del proceso de beneficio* hasta 15,000 toneladas de mineral. Lo que equivale a 500 toneladas diarias.
0.24	Mediana	Se considera mediano minero a quien extraiga mensualmente antes del proceso de beneficio* hasta 60,000 toneladas de mineral. Lo que equivale a 2,000 toneladas diarias.
0.63	Grande	El reglamento no especifica la capacidad del “gran” minero o de la minería a gran escala, pero se consideró la capacidad de procesamiento* mayor a 60,000 t mensuales o 2,000 t diarias. Cabe mencionar que esta capacidad en minas grandes puede ir muy por encima de esta cifra, hasta alcanzar el orden de las decenas de miles de toneladas e incluso más. Debido a esta amplitud se proponen un primer nivel de minería grande que va por encima de las 2,000 t hasta 5,000 t diarias. Esto se refleja en que la mega minería o gran minería involucra un alto consumo de energía y agua**, ya que la mayoría de los procesos la utilizan en el procesamiento (lixiviación, flotación, extracción con solventes, electro-refinación, molienda) incluso para dispersarla en áreas mineras evitando la dispersión del polvo. Lo anterior suele involucrar escasez local de agua o bien, la competencia desigual con otros sectores económicos. También significa un enorme consumo de combustibles para la generación de energía eléctrica y para la maquinaria, así como el transporte continuo de explosivos y reactivos hacia la mina (principalmente sustancias lixiviantes). El efecto acumulativo de desechos en las presas de jales, incrementará la magnitud de los impactos en casos de negligencia laboral, contingencias ambientales o accidentes.
1.00	Grande +	Adicionalmente se considerará un segundo nivel de minería grande, la cual va por encima de las 5 mil toneladas diarias de capacidad de procesamiento.

*El Reglamento no especifica si es la cantidad de material removido inicial o la cantidad procesada. Se utilizará la “Capacidad de Procesamiento” debido a que el parámetro más utilizado en reportes y manifestaciones de impacto ambiental de las mineras, que expresa la capacidad máxima de procesamiento de la mina (y ya que su objetivo es hacer la explotación a este nivel e incluso ampliarlo).

** Según la Ley Minera, la concesión minera otorga el derecho de poder utilizar el agua que proviene de la superficie concesionada para las labores de exploración, explotación y usos del personal de la mina (Cap III, Art. 19-V).

Tabla XXI. Valoración de los procesos de Extracción y Obtención (Beneficio) de los minerales de proyectos mineros y minas relacionados a ANP federales, de acuerdo a la posibilidad de generar desechos potencialmente tóxicos.

V	Proceso	Descripción general de los principales impactos ambientales
<i>Extracción del mineral</i>		
2	Por remoción mecánica sin explosivos	La extracción se hace por dragado o por remoción mecánica. La emisión de ruido y polvo también perturban flora y fauna locales.
6	Carga y acarreo del material minado	El cargado y acarreo de material también generan polvo y ruido, lo cual se hace de forma continua en aquellas minas donde esto se opera día y noche durante años. Este acarreo se hace con camiones que utilizan diésel, el cual emite materia particulada (<i>Particulate Matter</i> en inglés, PM ₁₀ y PM _{2.5})*, que incluye polvo, óxidos de nitrógeno (NO _x), CO, CO ² , hollín (carbón mineral) y metales. Los NO _x , CO y CO ² además son gases de efecto invernadero (GEI; aunque produce menos CO ² que la gasolina, sus otros componentes tienen mayores impactos como GEI y como PM _{2.5}).
5	Por minado con uso de explosivos	Generación de grandes nubes de polvo fino en la zona de minado, ruido de variable intensidad en las explosiones (depende de la cantidad empleada), se producen restos de nitrato de amonio el combustible (diésel, grasa, queroseno, gasolina) con las explosiones que contaminan suelo y aire. El ruido cotidiano de las explosiones ahuyenta la fauna del lugar que es capaz de desplazarse y se produce resquebrajamiento y destrucción parcial de construcciones locales. Explosivo utilizado generalmente: nitrato de amonio (96%) y combustible (4%), también llamado ANFO: <i>Ammonium Nitrate- Fuel Oil</i> .
<i>Obtención del mineral</i>		
1	Se concentra gravimétricamente sin reactivos	Implica el consumo de agua, ya que se hace en húmedo. Se genera lodo de desecho.
2	Se acumula por evaporación y se lava con agua de mar	Los desechos son devueltos al mar en elevadas concentraciones; su acumulación en el sitio de descarga, depende de las cantidades acumuladas así como del patrón de circulación marina. Esto puede tener efectos en la distribución y abundancia de las especies locales y migratorias, y fisiológicos en organismos marinos bentónicos locales.

V	Proceso	Descripción general de los principales impactos ambientales
3	Trituración	Se genera polvo* que puede movilizarse a distancias variables, dependiendo del patrón de vientos, se dispersa por suelo, flora, edificios y es ingerido y aspirado por fauna y personas locales, teniendo efectos variables en los mismos, ya que puede contener EPT. La molienda en minería metálica libera EPT como subproductos, por lo que se valoró con 4 (un punto más).
3	Molienda (triturado más fino)	Generación de polvo* fino dependiendo si el proceso se hace a cielo abierto o en contenedores. En algunos casos se agrega agua, lo cual involucra consumo de agua. La molienda en minería metálica libera EPT como subproductos, por lo que se valoró con 4.
6	Se recupera por flotación en agua con espuma y reactivos	El proceso de flotación conlleva gran el uso de grandes cantidades de agua. Las menas oxidadas se separan con ácido oxálico y las sulfuradas con xantatos o colectores del tipo ditiofosfato (reactivos que generan hidrofobicidad en los minerales, para separarlos de la ganga), de agentes floculantes (que aglutinan y hacen precipitar a los minerales de desecho) y de generación de espuma que lleva a los minerales a la superficie. El agua re-usada con los desechos gastados se acumula en presas de jales, que lleva además los minerales de acompañamiento (ganga). Las presas de jales llevan un recubrimiento con una geomembrana de polietileno de alta densidad (grosor máximo de 45 mm, garantía máxima de 25 años), por lo que eventualmente al erosionarse se producen rupturas y los jales se infiltran al subsuelo. Los derrames y fracturas más comunes en presas de jales ocurren con los eventos climáticos extremos y por mal diseño de la presa de jales En el caso particular de la extracción de fluorita a partir de jales acumulados utilizan sosa cáustica y ácido sulfúrico para el acondicionamiento del mineral.
6	Se obtiene parcialmente recuperación con sustancias lixiviantes (cianuro de sodio, ácido sulfúrico, ácido nítrico)	Dependiendo si la lixiviación se hace en tanques o a cielo abierto (en pilas o montones), se pueden generar nubes y encharcamientos de agua cianurada o con sustancias lixiviantes (si el pH no se mantiene alcalino, el cianuro puede gasificar como ácido cianhídrico). El área de lixiviados en exterior también se cubre con geomembrana de polietileno. El mayor peligro con las sustancias lixiviantes son los accidentes durante su transportación (pipas que vierten sus contenidos durante el recorrido) contaminando suelos y cuerpos de agua; o bien por la negligencia en su manejo dentro de la mina (no cerrar las llaves de control u otros accidentes). La pulpa que queda sin los minerales de interés, se desecha en las presas de jales (cubiertas con el mismo tipo de geomembrana

		en la base).
V	Proceso	Descripción general de los principales impactos ambientales
6	Se extrae por reacción con solventes orgánicos en medio acuoso	Después de la lixiviación, se utilizan soluciones con compuestos orgánicos (que suele ser queroseno, hexano o cloroformo, los cuales suelen evaporarse o solubilizarse por lo que hay fugas en el proceso. Además el queroseno es inflamable por lo que puede ser objeto de incendios en la planta donde se maneja, o bien de fugas e incendios durante su transporte. Las operaciones se hacen en estanque (presa) con geomembrana durante algunas horas, pero supone un continuo uso y una situación como las de otros jales mineros, por lo que eventualmente puede haber infiltraciones al subsuelo.
8	Se calcina o se tuesta (sin fundirse)	Se producen cenizas y gases de desecho que son liberados a la atmósfera, se emplea combustible (carbón, gas) y se producen gases por la combustión misma. La composición de los gases varía (el elemento que pretende eliminarse) pero los gases típicos de combustión minera son, principalmente el bióxido de azufre (SO ²), óxidos nitrogenados (NO _x) y monóxido de carbono (CO), componentes de la PM _{2.5}
9	Se funde a altas temperaturas	Se producen escorias, cenizas, gases, lodos y polvos acumulados en los hornos, filtros, (presas) o son liberados a la atmósfera (gases) o en ocasiones son aprovechados como subproductos o reciclados. Emisiones típicas de la fundición son principalmente SO ² , NO _x y CO, todos componentes de la PM _{2.5}
4	Se refina por electrodeposición en medio acuoso	Se utiliza agua, una sustancia lixivante (ácido sulfúrico) disuelta e iones residuales, el agua se detoxifica y se recircula, luego de un tiempo se desecha en presa de jales. Se producen aguas ácidas, con sólidos disueltos.
4	Se elabora ácido sulfúrico	Generalmente se fabrica a partir del bióxido de azufre liberado durante los procesos de combustión de la mina. Su fabricación genera más SO ² gaseoso, por lo que puede ocasionar nubes azufradas en el área y/o viajar a zonas aledañas (con posibilidades de precipitar como lluvia ácida).
2	Desaladora de agua de mar para los procesos mineros	Se producen salmueras de desecho que se concentran en el sitio de descarga (y se agrava si el cuerpo de agua tiene escasa circulación), generando una pluma de sales, material suspendido y otros componentes del agua de mar. Esto puede afectar la distribución y abundancia de especies residentes y migrantes, pero especialmente de las bentónicas.

*Gran parte del polvo entra en la definición de materia particulada (*Particulate Matter*) PM_{10} , comprende partículas menores a 10 micrómetros que entran al sistema respiratorio. Se forman básicamente por medio de procesos mecánicos, como las obras de construcción, la re-suspensión del polvo de los caminos y el viento (OMS, 2006); en este caso por los procesos de minado, acarreo, vertido y erosión desde las tepetateras, concentración, trituración y molienda. Este tamaño de partículas provoca irritación de ojos, garganta y mucosa nasal, además y pueden ir por el esófago al estómago. Este polvo fino puede contener compuestos de silicio (cuarzitas, areniscas en el tepetate) y ocasionar silicosis o problemas pulmonares (Higueras *et al.*, s/a); puede contener pirita (compuestos sulfurados) y ocasionar acidez y con ello la formación de iones y compuestos metálicos potencialmente tóxicos (EPT).

La materia particulada $PM_{2.5}$ la constituyen partículas menores a 2.5 micrómetros que proceden sobre todo de fuentes de combustión (OMS, 2006), que en este caso provienen de la quema de explosivos, combustión de diésel de los camiones cargadores y la maquinaria pesada, de la tostación y fundición de los metales, y del carbón utilizado como combustible. Pueden quedar suspendidas en el aire y trasladarse a grandes distancias. Al ser aspiradas entran hasta los alveolos pulmonares, donde pueden concentrarse, eliminarse o ingresar al torrente sanguíneo. Se ha encontrado una relación altamente significativa entre el incremento en la concentración de la $PM_{2.5}$ (a diferencia de la PM_{10}) y la mortalidad diaria en algunas ciudades de E.U.A. (Schwartz *et al.*, 2002).

Metales excepto Fierro y Manganeso

Concentraciones máximas de los metales en proyectos mineros relacionados a ANP: Oro 0.000012%, Plata 0.00039 %, Cobre 0.51%, Plomo 1.37%, Zinc 5.57%. Valor promedio máximo 2%. Los desechos mínimos totales son del 98% del material.

Tabla XXII. Metales excepto Fierro y Manganeso.

Total de material procesado*	Procesos posibles para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos de los metales
42%	Minado y acarreo	Tepetate con posibilidad de drenaje ácido (en presencia de compuestos sulfurados). EPT en polvo y lodos.
52%	Trituración	
	Molienda	
	Flotación	
	Lixiviación	
4%	Extracción por solventes orgánicos	
	Calcinación	
2%	Fundición/ Sinterización	Principalmente dióxido de azufre (SO ² , como gas caliente), materia particulada que puede contener arsénico (As ³ O ² , Higuera <i>et al</i> , s/a), antimonio, cadmio, plomo, mercurio, zinc (Dinman, 2001; Codelco, 2015) hierro, sílice y cal (Dinman, 2001). Liberación de 0.965 g de Mercurio por tonelada de Oro (Powers <i>et al.</i> , 2001). Se liberan de 18.6 a 36.7 g de Arsénico por tonelada de Cobre fundido y 87.99 g x tonelada de Plomo (EPA, 1998). Los concentrados de Zinc contienen de 0.1 a 0.8 % de peso en Cadmio.
Total de material procesado*	Procesos posibles para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos de los metales
	Electrorefinición	
2%	Productos: Lingotes y/o concentrados	

* Según Douglas y Lawson (2000) en Bridge (2004). **EPT se consideran Elementos Potencialmente Tóxicos debido a la composición metálica de menas y gangas, y que son los mismos que se liberan durante la fundición y refinación.

Fierro

Concentraciones máximas en los yacimientos de proyectos mineros aledaños a ANP: Mineral de Fierro 59% (principalmente magnetita*). Desechos totales aproximados: ~46-49%.

Tabla XXIII. Procedimiento para la obtención del Fierro.

Total de material procesado*	Procesos posibles para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos
~ 41%	Minado y acarreo	
	Trituración	EPT en polvo
	Molienda (en húmedo, 30% sólidos) Concentración magnética (se muele y se concentra otra vez)	EPT en lodos
5-8%	Peletización: se hornean y forman bolas de 10-25 mm de diámetro- el mineral se convierte en hematita.	Dióxido de azufre gaseoso. Escorias de los pelets de fierro: óxidos de fierro, de silicio (fayalita), de calcio (ferritos), magnesio y aluminio; además de titanio, manganeso y fósforo. Las escorias se acumulan en la presa de jales.
52-54%	Pelets de Hematita para fundición del acero	(se envían a otro sitio)

*Cálculo aproximado con los datos de concentración de cada proceso (Dirección de Desarrollo Minero, 2014 y con datos de Rodríguez, 2002).

Manganeso (dióxido de manganeso)

Concentración aproximada del manganeso en proyectos mineros aledaños a ANP: 12-14% (Azpeitia, 2007). Desechos totales aproximados: 76-78% (generados principalmente en tepetate y polvo).

Tabla XXIV. Procedimiento para la obtención del Manganeso.

Total de material procesado*	Procesos para la obtención del mineral	Desechos y emisiones características
76-78%	Minado y acarreo	
	Trituración (y clasificación)	EPT en polvo. El proceso se lleva a cabo a cielo abierto en el pueblo de Nonoalco.
	Molienda	Polvo que puede contener: azufre, calcio, hierro, calcio, silicio. Específicamente en el yacimiento de Nonalco se observan incrustaciones de pirita o sulfuro de hierro (Azpeitia, 2007). El óxido manganoso como producto se acompaña de plomo, bario, arsénico, níquel, fierro y mercurio. El bióxido de manganeso se acompaña de fierro, cobalto, níquel, antimonio, plomo, cobre, óxido de aluminio (Minera Autlán, portal en línea).
12-14%	Lavado y empacado como bióxido de manganeso (grado batería y cerámica) y óxido manganoso (micronutriente)	Se utiliza agua dulce y se genera agua gastada con iones metálicos, se acumula en presas sin geomembrana.

En otro nivel de procesamiento se producen bolas de manganeso (nódulos) en hornos, materia prima de ferroaleaciones, lo cual se realiza en otros sitios. En ellos, el carbonato de manganeso se desulfuriza, descarbonatiza y deshumecece (Minera Autlán, 2008).

Fluorita (fluoruro de calcio)

Concentración de Fluorita en proyectos aledaños a ANP: 70-84% (SGM, 2014; Mexichem). Desechos totales aproximados 16-30% (en tepetate, polvo y jales).

Tabla XXV. Procedimiento para la obtención de la Fluorita.

Procesos para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos
Extracción sin explosivos	
Trituración	(Se obtiene fluorita “grado metalúrgico”) En mina Aguachile (Coah) también hay Berilio, cuyo contacto directo puede ocasionar problemas pulmonares (beriliosis).
Molienda y acondicionamiento	En el beneficio de jales acumulados y que contienen fluorita (Mina Salitrera) se utiliza sosa cáustica y ácido sulfúrico como insumo para acondicionar el pH de los jales.
Flotación y deshidratación	(Se obtiene fluorita “grado ácido”*) En los jales se eliminan principalmente calcita y sílice, y en cantidades bajas: pirita, arsenopirita (sulfuros), esfalerita, barita, fósforo, plomo y arsénico.

*La fluorita “grado ácido” es de mayor pureza sirve de materia prima en la elaboración de ácido fluorhídrico, que se procesa en otro sitio.

Yeso (sulfato de calcio dihidratado)

Concentración de Yeso en proyectos aledaños a ANP: 93-98% (DGDM, 2012).

Desechos totales aproximados: 2-7%

Tabla XXVI. Procedimiento para la obtención del Yeso.

Total de material procesado*	Procesos posibles para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos
2-7%	Minado (explosivos)	
	Trituración y Molienda	La difusión del polvo es amplia por realizarse en exterior. Se han encontrado elementos radiactivos en niveles más altos a los naturales (^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{226}Ra , ^{235}U) en presas de jales donde se hidrata yeso y fosfoyeso (DHH, 2004) y de ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th y ^{40}K (Korna <i>et al.</i> , 2014); lo cual varía en función de las características de cada yacimiento.
93-98%	Empacado del yeso y embarque	

Sal marina (cloruro de sodio)

Concentración de cloruro de sodio en los sólidos concentrados a partir de agua de mar 95.5% (Ponce, 2002). Desechos totales aproximados: 4.5%

Tabla XXVII. Procedimiento para la obtención de la Sal Marina (VA: valoración ajustada de acuerdo a las características del mineral).

Total de material procesado	Procesos para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos
	Concentración por evaporación	Se drena una gran cantidad de agua de mar
95.5%	Cristalización	(la sal marina cristalizada se transporta a Isla Cedros donde termina de secar y se exporta)
4.5%	Eliminación de salmuera residual (amargos)	Principalmente son sales de potasio y magnesio que no son aprovechadas y son descargadas*. Esto genera sólidos suspendidos y acumulación de bromuros, fluoruros, boratos, cromo, plomo, níquel y selenio (Ponce, 2002).

* 70% a la Laguna Ojo de Liebre y 30% a la Laguna Guerrero Negro.

Carbón

Concentración promedio del carbón en los yacimientos 9% (McNally, 2003).

Desechos totales aproximados: 91%.

Tabla XXVIII. Procedimiento para la obtención del Carbón (VA: valoración ajustada de acuerdo a las características del mineral).

Total de material procesado*	Procesos para la obtención del mineral	Desechos y emisiones característicos
89%	Minado (explosivos)	Liberación de gas metano o grisú durante la extracción. Tepetate con posibilidad de drenaje ácido (en presencia de compuestos sulfurados).
1.8%	Trituración	EPT en polvo (azufre)
0.4%	Lavado del Carbón: Separación gravimétrica en húmedo por centrifugado Lavado del Carbón: Separación por flotación con reactivos (magnetita y otros)	Agua con cenizas, arena (presa de jales) Agua con cenizas, limos y arcillas.
8.9%	Carbón para combustión o coquización	

* McNally (2003)

Anexo 2

Tabla XXIX. Zonificación permitida en la Ley General de Equilibrio Ecológico (Art. 47 Bis y Art. 47 Bis 1).

	N=41 PM=7	N=36 PM=9	N=8 PM=13	N=67	N=5	N=18
	RB	APFF	APRN	PN	MN	S
ZN: Protección y Uso Restringido	X	X	X	X	X	X
Am: Uso Público	X	X	X	X	X	X
Am: De Recuperación	X	X	X	X	X	X
Am: Uso Tradicional	X	X	X	X		
Am: De Preservación	X	X	X			
Am: De Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales	X	X	X			
Am: De Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas	X	X	X			
Am: De Aprovechamiento Especial	X	X	X			
Am: De Asentamientos Humanos	X	X	X			

ZN: zona núcleo; Am: zona de amortiguamiento; RB: reservas de la biósfera; APFF: áreas de protección de flora y fauna; APRN: áreas de protección de recursos naturales; PN: parques nacionales; S: santuarios; MN: monumentos naturales; N es el número total de ANP por categoría hasta 2014; PM: proyectos mineros.

Anexo 3

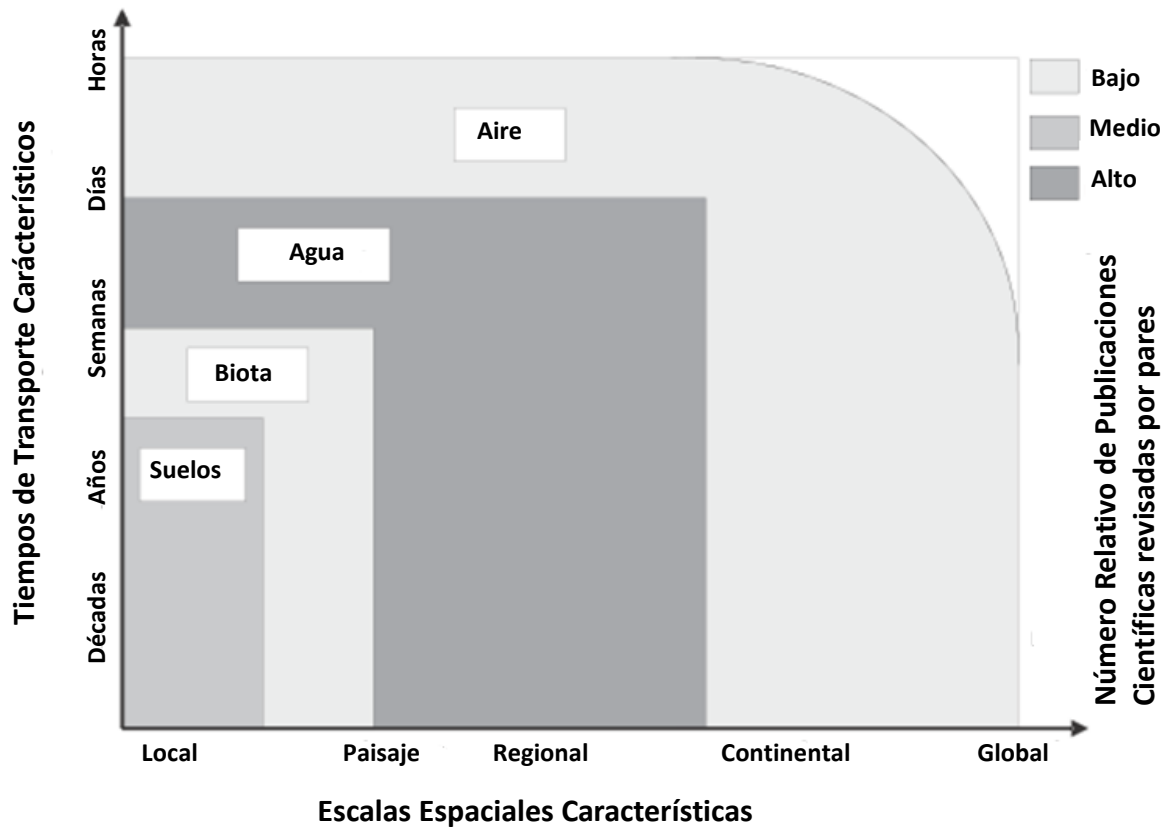


Figura 10. Medio de transporte de contaminantes, su tiempo de transporte, extensión espacial y número relativo de publicaciones científicas de revisión por pares que la mencionan (bajo <1,000 estudios; alto >10,000 estudios). Tomado de Csavina *et al.*, (2012).

Anexo 4

En el avance de la valoración de servicios ambientales mundiales, existen grandes esfuerzos hechos en este sentido, e.g. en *Natural Capital Project* de TNC, WWF y la Universidad de Stanford se desarrollan herramientas que modelan y georreferencian el valor económico de los servicios ecosistémicos para una “base de datos del capital natural” global; ARIES (*Artificial Intelligence for Ecosystem Services*) es un proyecto de Conservation International (CI) y

asociados para crear “una base en línea... que ofrece a los usuarios del mundo asistencia rápida a los servicios ecosistémicos del mundo y su valoración en múltiples escalas, desde regional a global”; y el programa *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* de la Unión Europea y la UNEP “una iniciativa de investigación masiva para identificar la carencia de precios de mercado para los servicios ecosistémicos y la biodiversidad como factor clave tanto de la pérdida de biodiversidad como de los impactos negativos del bienestar humano, con la asignación de precios de mercado a la naturaleza considerados como la clave para la salud ecológica y social” (Buscher *et al.*, 2012).

También está la propuesta conjunta de IUCN con la compañía petrolera Shell (Bishop *et al.*, 2008) para mostrar tendencias y rentabilidad de los “negocios de la biodiversidad” o “mercados de la biodiversidad” como los pagos por protección de acuíferos, bioprospección de especies para el desarrollo de fármacos, intercambios de compensación de la biodiversidad por impactos ambientales en otros, pagos por conservación voluntaria, sumideros forestales de carbono.