



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DEL IMPACTO
SOCIO-AMBIENTAL EN EL PAISAJE, POR LA MINERÍA
A CIELO ABIERTO EN MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

VANYA ARENAS PÉREZ

ASESORA DE TESIS:

MTRA. ORALIA OROPEZA OROZCO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi familia

¡A divulgar y enriquecer el legado geográfico!

Agradecimientos

A mi familia, mis papás, mi hermana y mis abuelitas, quienes me han brindado su amor y me han acompañado, guiado y apoyado incondicionalmente para ser la persona que soy y para lograr mis objetivos. Les dedico cada paso en mi camino y estoy muy feliz de poder compartir y concluir con ustedes una de las etapas más retadoras y enriquecedoras de mi vida, sobre todo en estos tiempos difíciles de pandemia. Deseo que sigamos siendo el gran equipo que somos, incluyendo a la consentida de la casa, la Pelusita, los amo. También agradezco al resto de mis familiares, amigos y conocidos cercanos que han estado pendientes de mí, me han aconsejado y que de igual forma me han deseado lo mejor.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por todas las oportunidades concedidas a lo largo de mi formación, desde la Escuela Nacional Preparatoria 3 “Justo Sierra”, hasta la Facultad de Filosofía y Letras, en el Colegio de Geografía y el Instituto de Geografía. Por cada beca facilitada y por iniciarme en la investigación a través de proyectos como la “Geografía Minera de los Energéticos” y el Proyecto PAPIIT: “Atlas de la Minería en México”.

A mi asesora de tesis, la Mtra. Oralia Oropeza Orozco, por apoyarme, brindarme su cariño y enseñarme tanto en esta etapa final de la licenciatura. Reconozco y admiro su labor como investigadora, profesora, asesora y guía, ha sido una gran académica, persona y ejemplo. Seguramente su legado seguirá contribuyendo enormemente a la comunidad geográfica y a la sociedad. También agradezco a su equipo de trabajo para el proyecto del “Atlas de la minería en México”, por alentarme a prepararme día con día, por sus enseñanzas, por confiar en mí, por escucharme y ser parte de mi desarrollo profesional y personal. Atesoro las buenas pláticas, consejos y experiencias compartidas.

A la Dra. María Teresa Sánchez Salazar, por abrirme las puertas a la investigación, confiar en mí e impulsarme, además de preocuparse porque mi labor sea bien reconocida y valorada y acercarme a las personas indicadas para desempeñarme en las áreas que más me apasionan de la Geografía, admiro su gran contribución geográfica y la atención que concede a quienes apenas iniciamos este camino, es un gran ejemplo.

A José Manuel Figueroa MahEng, quien es el mejor amigo, aliado y maestro; así como un apoyo fundamental para el desarrollo de la cartografía de este trabajo. A la Mtra. María

del Pilar Fernández Lomelín, por el trabajo en conjunto, su atención y consideración; así como a la Dra. Silke Cram Heydrich. Para mí ha sido un honor trabajar con ustedes y aprender de ustedes.

A los miembros del sínodo, la Dra. María Teresa Sánchez Salazar, la Dra. Iracema Gavilán Galicia, la Mtra. Angélica Margarita Franco González y al Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez, por brindarme su tiempo para revisar mi tesis, por sus comentarios y sugerencias para mejorarla y por formar parte de mi proceso de titulación y mi desarrollo profesional. A la coordinadora del Colegio de Geografía, la Mtra. Flavia Tudela Rivadeneyra quien en estos tiempos tan complicados ha estado enormemente comprometida con mi proceso.

Finalmente, a las y los profesores y adjuntos, que me compartieron sus conocimientos, experiencias y en algunos casos su gran pasión por la Geografía y/o disciplinas afines. A todas las personas que vivieron conmigo de forma cercana tantas experiencias en cada uno de los semestres, dentro y fuera de las aulas y/o prácticas de campo, que me brindaron su amistad, confiaron en mí, trabajaron conmigo y me acompañaron en esta etapa de mi vida. He aprendido mucho en este camino de todas y todos y a pesar de que este ciclo ha culminado los llevo siempre en mi corazón. Les deseo el mejor de los éxitos y que la pasión por la Geografía y las disciplinas afines nos encuentren en el camino.

Índice

Introducción	7
Capítulo 1. Posturas teórico-metodológicas y conceptuales.....	11
1.1. Geografía, ambiente y paisaje.....	11
1.2. El paisaje en la geografía ambiental	17
1.3. Impacto y riesgo socio-ambiental en el paisaje	21
1.4. Impactos ambientales de la minería.....	32
1.5. Minerales como recursos naturales.....	38
1.6. Antecedentes investigativos sobre impactos socio-ambientales por la minería a cielo abierto	46
Capítulo 2. Contexto histórico minero-ambiental en México	49
2.1. Primeras culturas metalúrgicas prehispánicas (-1519)	49
2.2. Primer auge minero durante la Colonia (1519-1810)	51
2.3. Primer declive de la minería durante la Guerra de Independencia (1810-1821) .	55
2.4. Primera apertura de capital extranjero para el desarrollo nacional de la minería (Post-independiente 1821-1876).....	55
2.5. Protagonismo de las inversiones extranjeras en la minería durante el Porfiriato (1876-1910).....	56
2.6. Segundo declive de la minería durante la Revolución Mexicana (1910-1917)	58
2.7. Reconfiguración del uso de las concesiones y los recursos naturales nacionales (Post-Revolucionario 1917-1961)	59
2.8. Mexicanización y fomento de la legislación laboral y ambiental de la minería (1961-1982).....	61
2.9. La minería en el neoliberalismo, la globalización y el compromiso ambiental (1982-2000).....	62
2.10. Extractivismo/ Megaminería (2000-actualidad)	65
Capítulo 3. Características geográficas de las minas seleccionadas	76
3.1. Caracterización del medio natural	76
3.1.1. Localización de las minas seleccionadas	76
3.1.2. Relieve	80
3.1.3. Geología.....	88
3.1.4. Clima e hidrología.....	94
3.1.5. Suelos.....	103
3.1.6. Uso de suelo y vegetación	107

3.1.7. Zonas de protección.....	109
3.2. Caracterización del medio socioeconómico.....	113
3.2.1. Distribución de la población por mina	113
3.2.2. Actividad económica minera.....	117
Capítulo 4. Identificación de los factores del impacto socio-ambiental de la minería a cielo abierto en el paisaje (metodología y aplicación)	123
4.1. Proceso metodológico	123
4.2. Impactos socio-ambientales en el paisaje por la minería a cielo abierto.....	126
4.3. Factores de impacto socio-ambiental por la minería a cielo abierto	140
4.3.1. Factores de amenaza	140
4.3.2. Factores de exposición.....	156
Conclusiones.....	159
Referencias	164

Índice de Cuadros

Cuadro 1.1. Premisas para referirse a la geografía ambiental	11
Cuadro 1.2. Clasificación de los impactos, cambios y consecuencias ambientales	25
Cuadro 1.3. Tipología de impactos según su grado	26
Cuadro 1.4. Efectos ambientales de la minería según la fase de explotación	33
Cuadro 1.5. Ventajas y desventajas ambientales según el tipo de minado.....	34
Cuadro 1.6. Clasificación de los combustibles, minerales metálicos y no metálicos	39
Cuadro 1.7. Fases de desarrollo de una explotación minera.....	40
Cuadro 1.8. Proceso de beneficio.....	45
Cuadro 1.9. Proceso de transformación	46
Cuadro 1.10. Variables para la estimación del impacto ambiental por la minería a cielo abierto en México	48
Cuadro 3.1. Distribución de las minas por entidad federativa.....	77
Cuadro 3.2. Distribución de las minas por provincia fisiográfica	80
Cuadro 3.3. Número de minas por provincia metalogenética	93
Cuadro 3.4. Número de minas por regiones y cuencas hidrológicas.....	101
Cuadro 3.5. Número de minas por zona de protección.....	112
Cuadro 3.6. Asentamientos próximos a las minas.....	114

Cuadro 3.7. Posición de México como productor de minerales metálicos y no metálicos a nivel mundial, 2018	117
Cuadro 3.8. Minas importantes a nivel mundial y nacional y etapa de explotación	118
Cuadro 4.1. Sistemas y factores impactados según la visualización del paisaje	128
Cuadro 4.2. Tipos de impactos socio-ambientales de las minas identificados en el paisaje visual	132
Cuadro 4.3. Tipos de impactos y desastres socio-ambientales de las minas a cielo abierto identificados en la reconstrucción histórica.....	136
Cuadro 4.4. Origen de los impactos socio-ambientales según los resultados obtenidos por aproximación al paisaje	136
Cuadro 4.5. Factores socio-naturales expuestos.....	156

Índice de Figuras

Figura 1.1. Pilares para la transformación del espacio	12
Figura 1.2. Influjos entre una actividad y su entorno.....	27
Figura 1.3. Clasificación y ejemplos de las amenazas.....	29
Figura 1.4. Fenómenos peligrosos	30
Figura 1.5. Indicadores de impactos causados por la minería.....	37
Figura 1.6. Corte transversal de una mina a cielo abierto	43
Figura 2.1. Marco normativo de la actividad minera.....	67
Figura 2.2. Fases de la minería y la legislación ambiental.....	68
Figura 3.1. Número de minas por sistema de topoformas.....	84
Figura 3.2. Número de minas por clase altitudinal (m.s.n.m.).....	86
Figura 3.3. Número de minas por litología y roca (clase)	90
Figura 3.4. Provincias metalogenéticas de México.....	93
Figura 3.5. Provincias metalogenéticas y principales yacimientos.....	93
Figura 3.6. Regiones Climáticas de México	95
Figura 3.7. Número de minas por unidad climática.....	99
Figura 3.8. Número de minas por tipo de hidrología.....	102
Figura 3.9. Número de minas por tipo de suelo.....	105
Figura 3.10. Número de minas por tipo de vegetación y uso de suelo.....	108
Figura 3.11. Número de inversiones por mina y por país de origen	122

Figura 4.1. Visualización de acumulaciones y depresiones, mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora	132
Figura 4.2. Porcentaje y número de impactos socio-ambientales en México por periodo (1630-2020)	134
Figura 4.3. Número de impactos socio-ambientales en las minas a cielo abierto por periodo (1630-2020).....	135
Figura 4.4. Fenómenos peligrosos por tipo de amenaza en México y en las minas a cielo abierto (1630-2020).....	141
Figura 4.5. Número de descubrimientos y/o inicio de actividades mineras de las minas a cielo abierto, por periodo (-1519-2020).....	144
Figura 4.6. Minas a cielo abierto activas y en cierre o suspensión por periodo (-1519-2020).....	145
Figura 4.7. Actividad de las minas por periodo (-1519-2020)	146
Figura 4.8. Número de minas a cielo abierto por tipo de mineral	147
Figura 4.9. Número de minas a cielo abierto, por tipo de tratamiento	148
Figura 4.10. Porcentaje y número de fenómenos peligrosos en México y en la minas a cielo abierto (1630-2020)	149
Figura 4.11. Número de fenómenos peligrosos en México, por periodo (1630-2020)	151
Figura 4.12. Número de fenómenos peligrosos de las minas a cielo abierto, por periodo (1630-2020)	152

Índice de Mapas

Mapa 3.1. Localización de las minas por municipio y entidad federativa.....	79
Mapa 3.2. Distribución de las minas por provincia fisiográfica	82
Mapa 3.3. Distribución de minas por sistema de topofomas	85
Mapa 3.4. Hipsometría y minas.....	87
Mapa 3.5. Geología y minas.....	91
Mapa 3.6. Hidrología y minas.....	100
Mapa 3.7. Distribución de las minas por tipo de suelo	106
Mapa 3.8. Distribución de minas por zona de protección	111
Mapa 4.1. Visualización de algunas variables de impacto socio-ambiental en el paisaje, mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora	131
Mapa 4.2. Impactos socio-ambientales, minas a cielo abierto (1630-2020).....	139
Mapa 4.3. Fenómenos peligrosos, minas a cielo abierto (1630-2020).....	154

Mapa 4.4. Características de las minas a cielo abierto que representan una amenaza de tipo antrópica.....	155
Mapa 4.5. Factores socio-naturales expuestos, minas a cielo abierto (1630-2020)	158

Introducción

Aunque la actividad minera de México tiene sus primeros antecedentes en la época prehispánica, fue hasta el periodo colonial en que despuntó y se convirtió en la principal actividad económica de la Nueva España, lo cual conllevó el desarrollo de nuevos tipos de minado tanto superficiales como subterráneos, de innovaciones metalúrgicas y de infraestructura y de elaboración de leyes y creación de instituciones, enfocados al impulso de la minería nacional.

En cuanto a la minería a cielo abierto, que se hacía a menor escala y de forma aislada, desde mediados del siglo XX comenzó a considerarse como un método estratégico para ampliar y facilitar la explotación del mineral deseado, además de aminorar los costos de explotación. No obstante fue hasta finales del siglo XX, con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), que las crecientes demandas del mercado y las nuevas inversiones extranjeras en la minería nacional, fomentaron y ampliaron de manera significativa este tipo de minería en el país.

A su vez, también a finales del siglo XX e influenciados por la conciencia ambiental que se desató en el mundo, a nivel nacional se crearon políticas e instituciones ambientales y se impusieron requisitos para la aprobación de nuevos proyectos a través de trámites administrativos y estudios de carácter ambiental, como lo son los Estudios de Impacto Ambiental o los Estudios de Riesgo Ambiental. No obstante, en los últimos años, se han observado impactos socio-ambientales en el paisaje por parte de las actividades mineras a cielo abierto por la exploración, la explotación y el desecho de sus sustancias tóxicas; a la par, la población afectada y las organizaciones ambientales, han hecho denuncias por desastres socio-ambientales, entre otros conflictos relacionados con la minería.

Por lo anterior, en la presente investigación, que deriva del capítulo *La minería a cielo abierto y su impacto ambiental en México* (Oropeza *et al.*, en prensa), realizado para el proyecto del *Atlas de la Minería en México* (Sánchez *et al.*, en prensa), se buscó ampliar la forma en que se pueden identificar los factores de impacto socio-ambiental ocasionados por la minería a cielo abierto en el país a través de un primer acercamiento de carácter cualitativo y semi-cuantitativo en 66 minas, seleccionadas para este estudio por la importancia que tienen a nivel mundial y por la accesibilidad a su información y a la visualización de su paisaje a través de imágenes satelitales de Google Earth y ArcMap;

así como de los registros de impactos socio-ambientales a través del tiempo, utilizados para la reconstrucción histórica.

Este trabajo se abordó a partir de la perspectiva de la geografía ambiental y sus conceptos relacionados, como lo son: el *paisaje* en términos de *fenosistema*, el *impacto ambiental* en términos definidos por las Evaluaciones de Impacto Ambiental y finalmente la *amenaza* y la *exposición* que son componentes del riesgo de desastres. Posteriormente, se realizó un análisis de los factores socio-naturales de las minas y de sus paisajes para entender cómo se producen los impactos socio-ambientales por esta actividad.

Debido a la información limitada, técnica y confusa que se tiene sobre la situación de la minería a cielo abierto en el país, los trabajos sobre el impacto socio-ambiental por la minería a cielo abierto en México, incluido éste, también se limitan a ofrecer resultados generales pero que servirán para el desarrollo de futuras investigaciones enfocadas en este tema. A su vez, la minería también es una actividad económica de la cual se desprende una parte sustancial de la economía en el país, por lo tanto sería de gran utilidad reconocer sus repercusiones negativas y abordarlas de inmediato, de manera que se logre un equilibrio y que esto influya en la reducción del impacto socio-ambiental en cuanto a la modificación al paisaje, depredación del medio natural y despojo, así como desastres socio-ambientales mineros, a través de la ampliación de la conciencia ambiental y la prevención de riesgos e impactos socio-ambientales. También se podría esperar que existiera una mayor apertura, accesibilidad y claridad a este tipo de información minero-ambiental.

Con base en lo anterior, se buscó resolver los siguientes cuestionamientos:

1. ¿Cuáles son los impactos socio-ambientales de la minería a cielo abierto en el paisaje?
2. ¿Cuáles son los factores socio-naturales de amenaza de la minería a cielo abierto que impactan al paisaje?
3. ¿Qué factores socio-naturales del paisaje están expuestos a las amenazas y han sido impactados por la minería a cielo abierto?

El objetivo general consistió en identificar los impactos socio-ambientales y los factores socio-naturales que han estado involucrados en la ocurrencia de dichos impactos por la

minería a cielo abierto en el paisaje en México, a través de la amenaza y la exposición. Por lo tanto, los objetivos particulares fueron los siguientes:

1. Identificar los impactos socio-ambientales de la minería a cielo abierto en el paisaje.
2. Identificar los factores socio-naturales de amenaza de la minería a cielo abierto que impactan al paisaje.
3. Identificar los factores socio-naturales del paisaje amenazados e impactados por la minería a cielo abierto.

De manera que este trabajo se compone de cuatro capítulos; en el primero se abordan las posturas teórico-metodológicas y conceptuales que fundamentan el enfoque ambiental de la geografía a la par de la situación ambiental mundial, con la finalidad de utilizarlas en la identificación de los impactos socio-ambientales ocasionados por la minería a cielo abierto en el paisaje. Para ello, se examina el desarrollo del pensamiento geográfico en términos ambientales y paisajísticos; posteriormente se exponen de forma particular las posturas conceptuales del paisaje así como las aproximaciones que se utilizan para su análisis; enseguida se enuncia lo relacionado con los impactos ambientales y los componentes del riesgo de desastres; también, se hace énfasis en la minería y sus impactos ambientales y finalmente se enuncian los antecedentes investigativos sobre impacto ambiental por la minería a cielo abierto que motivaron y enriquecieron esta investigación.

En el segundo capítulo, se presenta el contexto histórico minero-ambiental de México desde el periodo más antiguo del que se tiene registro, hasta el más reciente. Dicho contexto se divide en diez periodos, en los que además se revisa la legislación más importante en términos minero-ambientales; así como los registros correspondientes a las denuncias de impactos y desastres socio-ambientales más relevantes de cada una de las minas.

En el tercer capítulo se describen, analizan, sintetizan y representan cartográficamente, las condiciones y características geográficas del medio natural y del medio socioeconómico de las minas. En primer lugar, a través de un enfoque regional, se describen las condiciones generales del relieve, geología, hidrología, clima, suelos, uso de suelo y vegetación, zonas de protección y asentamientos humanos de las minas, las cuales se representan en mapas temáticos. En segundo lugar, desde un enfoque más local, se muestran las características físicas y sociales correspondientes al entorno de cada mina, representadas en las gráficas de barras y de pastel.

Finalmente, en el cuarto capítulo se muestra la metodología con la cual se obtuvieron los resultados y se contestaron las preguntas de investigación, se explican y se representan de forma gráfica y cartográfica los impactos socio-ambientales por la minería a cielo abierto en el paisaje, su origen y sus factores socio-naturales de amenaza, correspondientes a la minería y sus factores socio-naturales expuestos a dichas amenazas; así como las consideraciones finales.

Capítulo 1. Posturas teórico-metodológicas y conceptuales

Se abordan las posturas teórico-metodológicas y conceptuales del pensamiento geográfico relacionadas con la situación ambiental mundial y el uso del paisaje como unidad espacial de análisis. Además, se desarrollan los conceptos de impacto ambiental y los componentes del riesgo de desastres, con énfasis en la minería y sus impactos socio-ambientales. Finalmente, se presentan los antecedentes investigativos sobre impacto ambiental por la minería a cielo abierto que se retomaron para este trabajo.

1.1. Geografía, ambiente y paisaje

Para comprender el papel de la geografía dentro de la cuestión ambiental, se retomaron las premisas de la geografía ambiental sugeridas por Padilla y Luna (2014) (Cuadro 1.1) sobre las cuales se consolidó a la geografía ambiental como un campo de conocimientos multidisciplinarios estratégicos que confluyen en la *espacialidad* y que ahora son utilizados para el análisis de problemas ambientales, que como se verá a continuación han venido de la mano de deficiencias de ordenamiento y gestión territorial y de prevención de riesgos e impactos socio-ambientales.

Cuadro 1.1. Premisas para referirse a la geografía ambiental

1°	2°	3°
Saber geográfico: Evolución	Contemporaneidad: Cuestión ambiental	Campo estratégico: Geografía ambiental

Fuente: elaborado con base en Padilla y Luna, 2014.

Es necesario partir de las primeras modificaciones evidentes en el paisaje, las cuales se remontan a la Edad Media en Europa, inicialmente a causa de la agricultura desarrollada entre los siglos X y XIII, con el régimen feudal, lo que dio origen a un nuevo modelo de expansión y de relaciones socio-económicas, de asentamientos humanos urbanos, de tecnología y de transformaciones al espacio, tal como se muestra en la Figura 1.1 (Padilla y Luna, 2014).

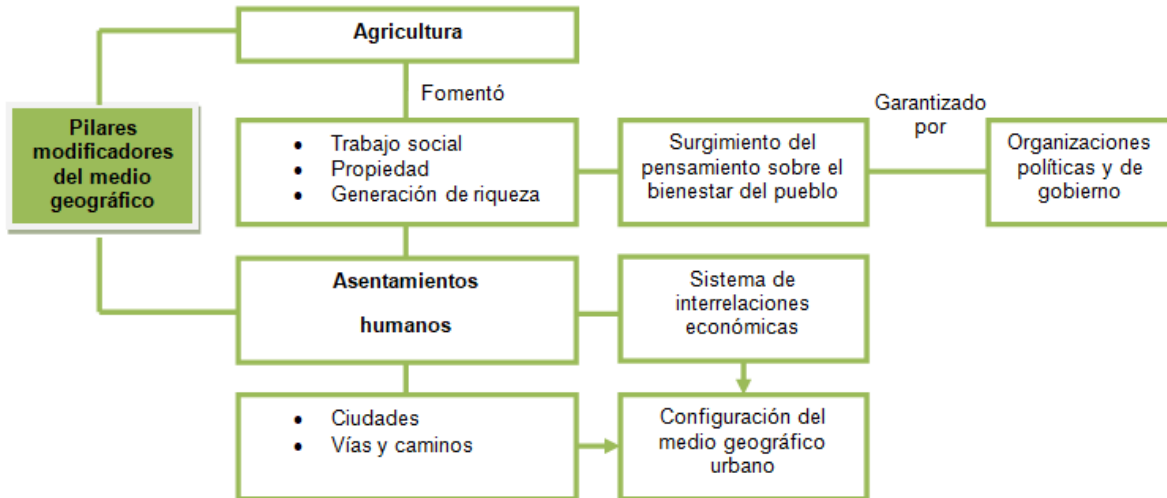


Figura 1.1. Pilares para la transformación del espacio

Fuente: elaborado con base en Padilla y Luna, 2014.

Sumado a ello, desde finales del siglo XV, los europeos se expandieron por el mundo, hasta llegar a América, donde implantaron a las poblaciones nativas su cosmovisión occidental sobre las transformaciones del espacio a través de sus actividades económicas: la agricultura, la ganadería y la minería, así como las técnicas y modelos para llevarlas a cabo, entre otras creencias, como las religiosas. Hasta entonces, esas poblaciones nativas se habían distinguido por tener una convivencia distinta con la naturaleza, más espiritual, “que, de múltiples maneras contienen el sentido ético de convivencia con la madre-tierra y del espacio habitado como sagrado” (Gómez, 2000, citado por Padilla y Luna, 2014:37).

Posteriormente, en el mundo occidental, la Revolución Industrial de la Edad Moderna, de finales del siglo XVIII, los fallos en el saber y en la ideología de poder y progreso, la absolutización del conocimiento científico como único cierto, la creencia de poseer las certidumbres y predicciones suficientes para controlar, transformar y explotar a la naturaleza y en general a la realidad, fueron factores claves de la superación de los límites de las bases naturales. Desde entonces los elementos naturales pasaron de ser fuentes de sustento a fuentes de capital y en general, la ciencia tomaba el papel sustancial para la producción de bienes y servicios capitalizados, mientras que el pensamiento geográfico occidental consideró como objetos de estudio separados a la naturaleza y a la sociedad (Padilla y Luna, 2014).

No obstante, según Capel (1981), fue hasta la Edad Contemporánea (finales del siglo XIX), que con el positivismo se institucionalizó la geografía principalmente en dos

escuelas: la alemana, con bases naturistas; y la francesa, con bases historicistas, lo que provocó cambios en el pensamiento geográfico y ambiental por el desarrollo de nuevas bases teóricas, metodológicas y conceptuales. Con ello es que toma relevancia la primera premisa referente al pensamiento geográfico, ya que a partir de este suceso será evidente su evolución con relación a los problemas socio-ambientales que se fueron presentando.

De la escuela alemana, destacó el impacto de la biología evolucionista y organicista del siglo XIX dentro de las ciencias humanas, que hicieron “que se modificaran las ideas que se tenían sobre el equilibrio de la naturaleza y situó sobre una nueva perspectiva al problema de las relaciones entre los seres vivos y el medio natural” (Capel, 1981:276). Situación que dio paso a la *ecología* como precursora del pensamiento ambiental, término acuñado por el biólogo alemán H. Haeckel en 1869, que inicialmente se refería al estudio de la interacción de los seres vivos entre sí y con su ambiente. Como lo menciona Reboratti (2011:3), los ecólogos fueron los primeros en hablar del *ambiente* como un *entorno*, sin embargo “no estaban interesados en el hombre como parte del mismo”, sus estudios pasaron a las ciencias naturales y a la geografía física.

Igualmente, A. Hettner, introdujo un enfoque un tanto antipositivista, el *regional*, con el que además trata de separarse parcialmente de la idea de la geografía general de la Tierra, en la que se hacían descripciones que “se limitaban generalmente a estudiar de forma sucesiva e inconexa la relación de cada uno de los elementos (agua, aire, plantas, animales y hombre) con el terreno” (Dickinson, 1969, citado por Capel, 1981:321), para enfocarse “en la asociación espacial de fenómenos que contribuyen a dar el carácter particular a un territorio” lo que permite relacionar los fenómenos físicos con los humanos (Capel, 1981:321). Por lo tanto, durante la parte inicial del siglo XX predominaron dos escuelas: la regional y la ecológica; la primera se encargó de utilizar al *paisaje* como una expresión de la región y como base para la delimitación de unidades territoriales; y la segunda utilizó al *paisaje* como medio, para servir de fundamento en el análisis del marco ecológico de las comunidades humanas (García y Muñoz, 2002).

También a inicios del siglo XX, E. Reclus, empleó el término *medio ambiente* como sinónimo de medio geográfico, no obstante fue hasta la década de los cincuenta, que el medio ambiente se convirtió en un campo de estudios relacionado con los aspectos del medio físico y las intervenciones humanas, desde un enfoque sistémico y dinámico (Galochet, 2009). Parte de los retos a vencer de la geografía era ir “más allá de concepciones racionalistas, deterministas o posibilistas, que veían la naturaleza como

algo externo u opuesto a la sociedad, que imponía sus designios o que ofrecía posibilidades a los seres humanos, el ambiente en la actualidad no puede dissociarse” con una visión de una naturaleza modificada o degradada por la acción humana (Aguilar y Contreras, 2009:271).

Posteriormente, según Capel (1981), después de la Segunda Guerra Mundial en EUA destacó el neopositivismo, lo que influyó en la nueva dicotomía entre geógrafos cuantitativos y cualitativos. Los primeros estaban interesados en encontrar leyes basadas en el pensamiento lógico a través de la estadística, la probabilidad y la *geografía teórica*. Su mayor crítica a la geografía es que había sido fundada por conceptos imperfectamente definidos como los de región, paisaje y medio, limitados a la síntesis y sin una rigurosa orientación teórica, más bien intuitiva, subjetiva y ajena al poder científico. Por lo tanto, los geógrafos cuantitativos propusieron al *espacio* como el objeto de la geografía, para poner énfasis en los fenómenos espaciales, sus procesos, funciones y flujos, inaccesibles a la observación directa, discriminando al paisaje y a favor de términos cuantitativos y locacionales de carácter objetivo. Todo se convirtió en mucha teoría y poco empirismo (García y Muñoz, 2002). Sin embargo, el desarrollo de la *Teoría General de Sistemas* de L. Bertalanffy (Padilla y Luna, 2014:47), influyó en la reaparición del paisaje como manifestación de un sistema de interacción que se da en la superficie terrestre con referencias en la ecología (García y Muñoz, 2002).

Por otra parte, como lo dice la segunda premisa, surgió *la cuestión ambiental*, “a partir del Reporte Brundtland y su declaración sobre el desarrollo sustentable presentado en 1987 en la asamblea general de las Naciones Unidas” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:112), la cual se pronunció en contra de poner los sistemas tecnológicos, ideológicos, políticos y sociales por encima de los naturales, “rebasando la capacidad de carga de las bases naturales de las sociedades del mundo” Padilla y Luna (2014:58). Gómez (2003:39), confirma que el origen de la cuestión ambiental es antropocéntrico y se refiere a insatisfacciones, problemas y deficiencias humanas en donde “no se aplica la noción de *impacto* o de *problema ambiental*, a las alteraciones introducidas en los factores ambientales por fenómenos de carácter natural, como los gases emitidos por un episodio de vulcanismo”. Por lo tanto, la cuestión ambiental, está orientada a la prevención y resolución de problemas ambientales ocasionados por las deficiencias humanas y para ello, se requiere de conocimientos de las ciencias naturales y las ciencias sociales, pues con la cuestión

ambiental se plantea una nueva posibilidad de uso y aprovechamiento del medio, con miras a impactos positivos (Gómez y Gómez: 2013).

Entre las incertidumbres que desataron la cuestión ambiental, según Gómez y Gómez (2013), se encuentran: el cambio climático; el carácter irreversible de los impactos en la naturaleza y en las sociedades afectadas por actividades humanas; la capacidad de alteración del medio por parte del humano; el acelerado crecimiento demográfico en desequilibrio con la capacidad del medio para sostener a las sociedades y la incoherencia entre la ideología y el comportamiento de los agentes socioeconómicos. A su vez, para atender estos problemas ambientales, se organizaron manifestaciones de preocupación social, política y económica por el medio ambiente, es decir, se delegaron responsabilidades públicas hacia la cuestión ambiental; incrementaron las quejas y denuncias de la sociedad por comportamientos inadecuados hacia el ambiente, así como las actividades de conservación, mejora o restauración ambiental por parte de la población y entidades no oficiales (las ONG); aparecieron instrumentos técnicos orientados a propietarios y usuarios de terrenos para implicarse en la explotación racional y sostenible de los recursos; se reivindicaron los sindicatos y otros agentes socioeconómicos para considerar al medio ambiente como motor para la generación de empleo; entre otras acciones.

Para reforzar lo anterior, Gómez y Gómez (2013:61) enuncian que la *conciencia mundial* amplió el concepto que se tenía de desarrollo, por *desarrollo sostenible*, que es pasar “de lo cuantitativo y monetario hacia lo cualitativo, incluyendo lo intangible, hasta ser identificado en la actualidad con calidad de vida [...]; formada por tres componentes: nivel de renta, condiciones de vida y trabajo y calidad ambiental”, en cuestiones de equilibrio.

En cuanto al pensamiento geográfico, se hicieron presentes las críticas a la geografía cuantitativa, por parte de la naciente *geografía radical*, cuyo objeto consistió en lograr cambios a través de describir e interpretar, sin conservadurismo, la realidad. Sus bases se encuentran en el marxismo, “según Smith, para Marx la relación hombre/naturaleza solo puede ser correctamente planteada desde una perspectiva histórica, y que es la acción de las sociedades humanas en la naturaleza lo que constituye la base real de una relación que se desarrolla históricamente” (Capel, 1981:441). Se criticó la contribución de la geografía clásica a la explotación de la tierra por su colaboración en la descripción de los recursos y procesos naturales, así como el determinismo (García, 2000) y el posibilismo. Este movimiento intelectual fue impulsado por geógrafos como P. George, D. Harvey, R.

Peet, Y. Lacoste, M. Santos y N. Smith, quienes buscaban cambiar el dualismo dominante del capitalismo por una concepción de integralidad dialéctica entre naturaleza y sociedad (Bocco y Urquijo, 2013).

A su vez, surge la *geografía cultural* para tratar los problemas ambientales, en este nuevo campo, M. Price y M. Lewis, mencionan que a finales de la década de los ochenta, los estudios culturales tomaron dos rumbos principales: el primero, de la geografía cultural tradicional enfocado en las relaciones entre las sociedades y la transformación histórica de sus paisajes; y el segundo, hacia el análisis de los símbolos y significados culturales que las personas imprimían en sus lugares, entendido como unidades espaciales de máximo valor humano (Bocco y Urquijo, 2013).

Con estas aportaciones, el paisaje tomó fuerza nuevamente como “estructura perceptible en la que se manifiestan las relaciones mutuas totales de los elementos de su medio ambiente [...] abordable e interpretable de forma global, pero que puede y debe ser deslindada en unidades y subunidades dimensionalmente jerarquizadas” (Troll, 1960, citadas por García y Muñoz, 2002:89) y como señaló R. Rimbert “como consecuencia de las amenazas de la contaminación y la degradación ambiental”. Esta reaparición se reforzó con la *geografía de la percepción y del comportamiento*, la cual buscó destacar los aspectos humanos de forma subjetiva a través de las experiencias personales. Dentro de sus líneas de investigación se encuentran “la percepción de los riesgos ambientales, la influencia de la formación cultural en la apreciación y el uso de los recursos y el estudio de las imágenes ambientales que inciden en el comportamiento de las sociedades en relación con su entorno” (Capel 1981; Bocco y Urquijo, 2013; García, 2000:108). De esta geografía, tomó relevancia el *fenosistema*, que se basa en la percepción del paisaje a partir del primer contacto con él, la observación (Scott, 1993; García-Gil, 1998, citados por García y Muñoz, 2002).

Finalmente, a la par del desarrollo entre el pensamiento geográfico y la cuestión ambiental, de acuerdo con Reboratti (2011), en el ámbito público, se confundieron los términos ambiente, ecología y conservacionismo, mientras que en el ámbito profesional, fue notoria la preocupación por prepararse en los temas ambientales. En este sentido la geografía hizo lo suyo, pues después de la primera emergencia ambiental que alimentó el determinismo, posibilismo y probabilismo de la geografía clásica, fue hasta la segunda mitad del siglo XX que se construyó el campo de la geografía ambiental como un conjunto

de conocimientos estratégicos capaz de enfrentar los nuevos problemas ambientales (Aguilar y Contreras, 2009), con lo cual se cumple la tercera y última premisa.

1.2. El paisaje en la geografía ambiental

De acuerdo con Reboratti (2011:21) “en geografía podemos tener opiniones bastante diferentes sobre su objeto de análisis [...], el lugar, el medio, el espacio teórico, el espacio social, el paisaje, la región, el territorio o la relación hombre-medio”, sin embargo para la presente investigación el paisaje se considera como la unidad espacial más conveniente para el análisis visual de los impactos ambientales por la minería a cielo abierto.

1.2.1. Paisaje

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el paisaje (*Landschaft* en alemán, *Landscape* en inglés y *Paisagem* en portugués) (Mateo, 2002), necesitó de una reformulación que le diera un carácter objetivo. De esta manera es que atiende a un enfoque perceptivo y sistémico, en donde el paisaje pasa a ser un componente del territorio, como lo propuso G. Bertrand, de acuerdo con García y Muñoz (2002) quienes destacan lo siguiente:

Es el único componente del territorio realmente integral. A través de configuraciones perceptibles (sobre todo por medio de la vista) o imágenes, el paisaje refleja el estado o situación del territorio en un momento determinado, así como el lugar que ocupan y la forma como participan en él cada uno de los componentes ambientales, el tipo de relaciones existentes entre ellos y el peso de la intervención de cada uno en los procesos que son claves para el funcionamiento del territorio (p.23).

El paisaje es capaz de advertir “los tipos e intensidades de los aprovechamientos del suelo, de las consecuencias de las actividades humanas sobre el sistema natural y de la magnitud de los impactos ambientales”, que conllevan la necesidad de gestionarlo (García y Muñoz, 2002:16).

Para Mateo (2002), el paisaje posee diferentes interpretaciones y concepciones científicas:

1. *El paisaje como aspecto externo de un área o territorio.* Imagen interpretada a partir de las percepciones.

2. *El paisaje como formación natural.* Interpretación de la interrelación de componentes y elementos naturales.
3. *El paisaje como formación antro-po-natural.* Concebirlo como un sistema espacial o territorial compuesto por elementos naturales y antro-po-tecnogénicos que modifican y transforman las propiedades de los paisajes naturales originales. Tiene que ver con el grado de naturalidad o de modificación y transformación antropogénica. Estos paisajes pueden estar formados por otro nivel taxonómico inferior de paisajes naturales, paisajes antrópicos y/o paisajes antro-po-naturales. Es entonces un paisaje natural, formado por cuerpos naturales, pero degradado por la antropización.
4. *El paisaje como sistema económico-social.* El espacio donde se encuentran los asentamientos y su capacidad funcional para desarrollar sus actividades socio-económicas.
5. *El paisaje cultural.* El resultado de la acción cultural a lo largo del tiempo, “la cultura es el agente, el paisaje natural es el medio, y el paisaje cultural el resultado” (Sauer, 1925, citado por Mateo, 2002:13). Se interpreta la imagen a partir de los sentidos y los conceptos del paisaje visual con la observación, el paisaje percibido con la elaboración mental de las percepciones en un momento concreto y del paisaje valorizado a través de su estética, simbolismos e ideologías.

A su vez, pueden clasificarse en dos grandes tipos (Bertrand y Dollfus, 1973, citado por García y Muñoz, 2002):

1. *El paisaje concebido como una imagen: Fenosistema del paisaje.*

Es el entendimiento subjetivo de la imagen percibida del territorio que resulta de la visualización y que se puede enriquecer con la experimentación de sensaciones a través de otros sentidos como el oído y el tacto para posteriormente convertirse en la realidad que crea la mente humana (Martínez de Pisón, 1983, citado por García y Muñoz, 2002). Estos procesos mentales de asimilación del paisaje que resultan en el reconocimiento de los potenciales naturales y su relación con los factores ambientales que lo generaron, la identificación de los elementos más sensibles de su entorno, los tipos de inestabilidad, los riesgos hacia el desequilibrio del sistema territorial, permiten interpretar la fragilidad ecológica, su conservación, regeneración o degradación en dos filtros (García y Muñoz, 2002):

- *Filtro 1.Imagen sensitiva.* Sucede en la corteza del cerebro y se asocia a los factores ambientales que influyen en la percepción de la imagen.
- *Filtro 2.Imagen cognoscitiva.* Es la imagen propia en donde destacan los juicios acerca del estado del territorio observado.

Por su parte, Gómez y Gómez (2013:56), consideran que el significado que el perceptor proporcione al objeto percibido depende de su convicción cultural y la historia que conozca sobre el paisaje, en cuanto el índole natural y/o antrópico.

Sin embargo, este análisis del paisaje posee algunas desventajas; en primer lugar, “la forma y/o la estructura que nosotros vemos en la actualidad es el reflejo de los flujos del ayer, [...] al tiempo que condiciona los flujos actuales y futuros” (Forman, 1996, citado por García y Muñoz, 2002:18) tal es el caso de los paisajes relictos (que ya no operan actualmente), que pueden ser un problema de desfase de los paisajes visuales, sin embargo para la biogeografía histórica son importantes en cuanto a la documentación histórica ambiental (García y Muñoz, 2002).

No obstante, se puede tomar de referencia la aproximación geohistórica en geografía del medio ambiente con base en la creación del Grupo de Historia de los Bosques Franceses, en 1980, pues de acuerdo con Galochet (2009), los biogeógrafos franceses y los historiadores, desarrollaron la *biogeografía histórica*, impulsada por G. Houzard y J. Dubois, inicialmente para conocer la historia de los silvosistemas y su situación en paisajes actuales. Esta integra conceptos y métodos de ambas disciplinas, en donde el análisis temporal está destinado a identificar los cambios en el paisaje a través de la reconstitución de sus estados anteriores, que depende de las fuentes de información disponibles. Para ello se desarrollaron dos aproximaciones:

- *La retrospectiva o análisis regresivo.* Retrocede el tiempo, según las fuentes lo permitan para hacer un análisis regresivo que “trata de establecer una clasificación genética de los paisajes actuales, distinguiendo las herencias y las mutaciones recientes, que participan de las dinámicas forestales ligadas a las potencialidades naturales y a las alteraciones que resultan de las vicisitudes históricas” (Dubois, 1980:28, citado por Galochet, 2009:23)

- *La retrogresiva.* “Intenta reconstruir el paisaje en algunos momentos del pasado a partir de fuentes antiguas” (Galochet, 2009:23).

Otra desventaja de este análisis del paisaje es la observación de una realidad parcial, es decir, que probablemente en ese momento no se manifiesten todos los componentes o no sean perceptibles del todo y, que por ende, pueden llevar a interpretaciones incompletas o equivocadas, que consecuentemente repercutirán en la toma de decisiones. Lo mismo ocurre con el tema de la percepción del paisaje, en donde las valoraciones juegan un papel importante, pues algunos observadores del paisaje podrían considerar importantes ciertos aspectos y no tan importantes otros (García y Muñoz, 2002). Aún se considera inapropiado “que los espacios humanizados sean las áreas en cuyo paisaje se evidencian formas directas de aprovechamiento antrópico, error que responde a la exclusiva consideración del paisaje visual, pero que no atiende a su significado como sistema” se debe poner atención al sistema, pues los componentes que no están a simple vista también participan en la degradación del paisaje (García y Muñoz, 2002:76; Mateo, 2002). Todas las partes son de importante consideración sistémica y dinámica.

2. *El paisaje como un hecho real.*

Es el entendimiento objetivo, algo que existe en la superficie terrestre, independiente del significado que le puedan atribuir los humanos (Bertrand, 1968, 2978, citado por García y Muñoz, 2002). Se refiere a su origen territorial, y por otra parte más allá de ser la imagen del conjunto de componentes y sus interrelaciones, es también la fuente de información a través de la integración y la síntesis territorial. Comparable al cuerpo humano como organismo vivo, compuesto de órganos, en este caso los componentes territoriales, con distintas funciones, componen al paisaje (García y Muñoz, 2002).

Otra interpretación de paisaje, de acuerdo con Gómez (2003), consiste en percibir al paisaje como un *factor ambiental*. El paisaje como categoría particular del *sistema ambiental*, se refiere a las “diferentes categorías del medio ambiente global, con diferente nivel de organización, caracterizados por diversos grados de complejidad, y de relaciones entre los fenómenos o subsistemas naturales y sociales” (Mateo, 2002).

Gómez y Gómez (2013:157) refuerzan la idea anterior al mencionar que la “parte del medio ambiente con la que interacciona una actividad se denomina *entorno*, el cual se puede entender como un sistema estructuralmente formado [...] y cuya imagen percibida por la población es el paisaje”. El entorno también es el sistema ambiental afectado por una actividad, en términos de espacio, en el sistema territorial, y de factores.

Por otra parte, bajo el enfoque sistémico y la influencia de la ecología norteamericana y del concepto de geosistema soviético (con bases en el modelo naturista y cuantitativo), los geógrafos franceses C. y G. Bertrand, desarrollaron un sistema de integración espacial para que la geografía pudiera estudiar el medio ambiente a través de los siguientes tres conceptos (García, 2008):

1. *Territorio*, “dimensión naturalista de un concepto social” o un medio ambiente artificializado, donde se rechaza el estudio aislado tanto determinista como posibilista.
2. *Paisaje*, “dimensión cultural de la naturaleza”, la problemática medioambiental se introduce tanto con la geografía como con la historia.
3. *Geosistema*. La “dimensión antrópica de un concepto naturalista”.

1.3. Impacto y riesgo socio-ambiental en el paisaje

En primer lugar se busca entender el concepto medio ambiente y en segundo lugar se revisan los conceptos y metodologías básicas que definen, clasifican, evalúan e identifican los impactos socio-ambientales y los componentes del riesgo.

1.3.1. El medio ambiente

De acuerdo con García (2000:101), desde el punto de vista de las actividades humanas que sustentan el desarrollo, se entiende al *medio* como fuente de recursos naturales, soporte de los elementos físicos que los forman y/o como receptor de desechos y residuos no deseados, de esta idea parte el entendimiento, valoración, aceptación o rechazo de los impactos ambientales que ocasionan y cómo proceder ante ellos. Para Gómez (2003) esto ocurre de la siguiente forma:

En la medida en que los recursos naturales renovables se utilicen por debajo de su *tasa de renovación* anual o interanual, en que el aprovechamiento de los no renovables respete unos *ritmos e intensidades* de uso, se ocupe el territorio de acuerdo con su *capacidad de acogida* y se incorpore energía o desechos al medio

respetando la *capacidad de asimilación* de los vectores ambientales (aire, agua y suelo), se estará haciendo un uso ambientalmente integrado del medio y, en consecuencia, cumpliendo unas condiciones que, si no son suficientes, si son necesarias para un *desarrollo sostenible* (p.38).

Para Bocco y Urquijo (2013:83 y 84) la definición de *ambiente*, con base en las ciencias naturales y la geografía física:

Hace referencia a la naturaleza transformada por la actividad humana. Desde esta perspectiva, el ambiente no es sólo lo que “rodea” si no también un producto de “aquello que es rodeado”. En otras palabras, el ambiente es en principio social, y ello lo distingue de otros, tales como el ecosistema, bioma o geosistema, los cuales hacen una valoración del estado de la naturaleza a razón de un cambio por intervención, degradación, contaminación o regeneración, a partir de posturas analíticas fundamentalmente biofísicas.

Es decir, “la sociedad participa no sólo como componente-sujeto sino también como agente factor en la construcción del ambiente de aquí el término socioambiental” (Mendoça, 2001, citado por Aguilar y Contreras, 2009:267-268). El ambiente establece potenciales y límites a las formas y ritmos de explotación de los recursos, condicionando los procesos de valorización, acumulación y reproducción del capital (Leff, 2002:159 y 160, citado por Aguilar y Contreras, 2009:268 y 269).

Por lo tanto, el entorno está constituido por elementos y procesos que se interrelacionan y que pertenecen a dos grandes sistemas (Conesa, 1993):

1. *Medio físico*. “Sistema constituido por los elementos y procesos del ambiente natural” proyectado en el medio inerte o medio físico correspondiente al aire, tierra y agua; medio biótico correspondiente a la flora y fauna; y medio perceptual correspondiente a las unidades de paisaje como cuencas y valles. Las categorías operativas del sistema ambiental son: ecosistema y geosistema.
2. *Medio socio-económico y cultural*. “Sistema constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, de las comunidades humanas o de la población de un área determinada”, sus categorías operativas del sistema ambiental son: sistema socio-ambiental, sistema

económico-ambiental, sistema cultural-ambiental y sistema antro-po-ecológico o ecosistema humano.

A cada uno de los subsistemas le corresponden *factores* o *parámetros ambientales* que son aquellos componentes del medio ambiente “entre los cuales se desarrolla la vida en nuestro planeta. Son el soporte de toda actividad humana [...]. Son susceptibles de ser modificados por los humanos y estas modificaciones pueden ser grandes y ocasionar graves problemas”. Los factores son susceptibles de recibir los impactos de los proyectos que pueden ser visibles a un mediano o largo plazo, ya que los pequeños impactos son soportables y poco visibles. Estos factores del medio ambiente se pueden sintetizar en cinco grandes grupos de factores (Conesa, 1993): los *físico-químicos* como el suelo, el aire o el clima; los *biológicos* como la flora y la fauna; los *paisajísticos*, es decir, las interacciones entre factores; los *sociales, culturales y humanos* como los bienes materiales o patrimonios culturales y finalmente los *económicos*.

1.3.2. Impacto ambiental

De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018), el *impacto ambiental* se define “como la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza”. De acuerdo con Conesa (1993), “se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio”. Cuando hay un proyecto, se busca prevenir el impacto, es decir, “la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado, tal y como se manifestaría como consecuencia de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin tal actuación”, su alteración neta ya sea en forma positiva o negativa y cómo sería el impacto a través del tiempo, ya sea en el momento actual, al inicio de la acción, al inicio del impacto y al finalizar la acción o el momento de interés considerado. De acuerdo con Gómez (2003) es la diferencia de evolución con y sin proyecto.

El impacto puede afectar “al sistema ambiental en conjunto o a alguno de sus componentes”, de tal modo se hace la distinción entre *impactos totales* o *impactos parciales/específicos* derivados de una actividad en proyecto o ya activa (Gómez y Gómez, 2013:157). De acuerdo con SEMARNAT (2018), existen diversos tipos de impactos ambientales que se pueden clasificar según su origen:

- *Aprovechamiento de recursos naturales renovables o no renovables.*
- *Contaminación.* Por algún residuo, emisiones de gases a la atmósfera o el derrame de líquidos.
- *Ocupación del territorio.* “Los proyectos que al ocupar un territorio, modifican las condiciones naturales” por acciones como descapote, compactación del suelo y otras.

Por su parte, Mateo (2002) propone “el método de análisis de la fragilidad de los paisajes, que se ejerce sobre los elementos o componentes del paisaje (atmósfera, agua, suelos, vegetación) y sobre las funciones que cumple el paisaje (geodinámica, hidrodinámica, microclimática y ecodinámica)”. Para ello se debe conocer el tipo de impacto y su valor específico (nulo, bajo, medio y alto), así los impactos se podrán clasificar de la siguiente forma:

- *De ocupación.* De carácter espacial: desmontes, caminos y carreteras, puentes, líneas de transmisión, excavaciones y rellenos terrestres y asentamientos de terrenos, edificación urbana, hotelera, redes de servicios, instalaciones comerciales, etc.
- *De operación.* Sustancias que producen impactos: Humos y gases, sustancias corrosivas, hidrocarburos, biocidas, sustancias eutroficantes, aguas negras desechos sólidos, ruidos, olores fétidos, etc.

Para Mateo (2002), de acuerdo con el Cuadro 1.2, dichos impactos generan cambios en la naturaleza y en las funciones de sus sistemas, así como consecuencias económicas y sociales de tipo primario y secundario.

Cuadro 1.2. Clasificación de los impactos, cambios y consecuencias ambientales

ACCIONES HUMANAS (IMPACTOS)	CAMBIOS DE LOS SISTEMAS NATURALES	CAMBIOS EN LAS PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS SISTEMAS NATURALES	CONSECUENCIAS ECONOMICAS	CONSECUENCIAS SOCIALES
<p>*Extracción de sustancias y energía de la Naturaleza. *Introducción de sustancias y energía de la Naturaleza. *Construcción de obras artificiales.</p>	<p><i>Primarios:</i></p> <p>*Cambios de la reserva, balance y circulación de energía y sustancias. *Cambios en el estado químico, físico y mecánico de la sustancia y la energía. *Cambio en la dinámica y regímenes de los procesos naturales.</p> <p><i>Secundarios:</i></p> <p>*Cambios en la estructura, relaciones, volumen y productividad de los sistemas naturales.</p>	<p>*Degradación cuantitativa y cualitativa de los recursos naturales (función de reproducción de recursos). *Contaminación y degradación del medio ambiente humano (funciones de formación del medio). *Reducción de territorios libres y crecimiento del área de territorios alterados (función de lugar). *Reducción de las áreas de paisaje vírgenes y decrecimiento de la biodiversidad, (función de conservación del genofondo).</p>	<p><i>Primarias:</i></p> <p>*Decrecimiento del volumen y la calidad de la producción. *Incremento de los plazos de mantenimiento de la tecnología y del equipamiento del trabajo productivo. *Crecimiento de los gastos materiales en la producción. *Crecimiento de la fluctuación y reducción de la calificación de los recursos laborales.</p> <p><i>Secundarias:</i></p> <p>*Cambios en la estructura y especialización en la economía. *Cambios en los flujos de transporte y en la infraestructura.</p>	<p><i>Primarias:</i></p> <p>*Empeoramiento de la salud de la población. *Acrecentamiento de la migración de la población. *Reducción del tiempo libre de la población. *Crecimiento del gasto en servicios sociales.</p> <p><i>Secundarias:</i></p> <p>*Cambios en la estructura demográfica de la población, las corrientes migratorias y la ocupación laboral.</p>

Fuente: L.I. Mujina y Y.G. Runova, 1980, citado por Mateo, 2002:159.

Tipología de impactos

La *tipología de impactos* de Conesa (1993) del Cuadro 1.3, se divide en diez distintos tipos de impacto que ocurren comúnmente sobre el medio ambiente. Es posible que se presenten uno o más tipos de impactos a la vez, lo que agravaría más la situación.

Cuadro 1.3. Tipología de impactos según su grado

Tipología de impactos (1-5)					
°	Variación	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia
6	Negativo	Notable o muy alto	Total	Critico	Permanente
5	-	-	Extremo	-	-
4	-	Medio o alto		-	-
3	-		Parcial	-	-
2	-	-		-	-
1	Positivo	Mínimo o bajo	Puntual	Latente	Temporal
Tipología de impactos (6-10)					
°	Capacidad de recuperación	Causa y efecto	Interrelación entre acción y efecto	Periodicidad	Necesidad de aplicación de medidas
6	Irrecuperable	Directo	Sinérgico	Continuo	Critico
5	Irreversible	-	-	Discontinuo	-
4	Reversible	-	Acumulativo		-
3	Mitigable	-		-	Periódico
2	Recuperable	-	-	-	
1	Fugaz	Indirecto o secundario	Simple	Aparición irregular	Moderado

Fuente: elaborado con base en Conesa, 1993.

En cuanto a los *indicadores de impacto* estos pueden ser *cuantitativos*, es decir, aquellos que pueden ser medidos con criterios objetivos; o *cualitativos*, aquellos que se basan en la valoración a partir de criterios subjetivos (Tomás, 2013).

El impacto puede suceder de las relaciones de actividades humanas con el entorno, sin embargo como es una interacción, el entorno también puede iniciar las relaciones con las actividades humanas, a esto se le conoce como *aptitud*, lo que puede traer consigo riesgos naturales y se define en la forma en que el entorno responda a dichos sucesos que posiblemente tengan efectos sobre las actividades humanas. En la Figura 1.2, las flechas que van de la actividad humana al entorno son impactos, mientras que las flechas que van en sentido contrario representan la aptitud, según Gómez y Gómez (2013) esto se refiere a los fenómenos naturales ocurridos en un entorno donde hay actividades humanas, que pueden representarles una amenaza de origen natural.

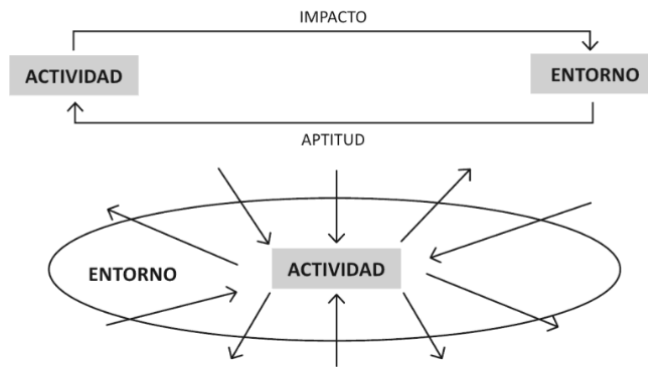


Figura 1.2. Influjos entre una actividad y su entorno.

Fuente: Gómez y Gómez, 2013:175.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Es el instrumento preventivo orientado a evaluar los impactos ambientales potenciales que podrían ser provocados por obras o actividades en etapas de proyectos (SEMARNAT, 2018). En palabras de Gómez (2003):

Se ha convertido en uno de los principales instrumentos preventivos para la gestión del medio ambiente. Se trata de un procedimiento administrativo para el control de los proyectos que se apoya en la realización de estudios técnicos (Estudios de Impacto Ambiental) y es un proceso de participación pública. Tanto el procedimiento como los estudios técnicos, conforman un campo de conocimientos al que ninguna profesión puede ser ajena, y ello porque ayuda a concebir y desarrollar los proyectos de una forma más moderna, internalizando los costes ambientales, y porque su aplicación requiere el concurso de equipos multidisciplinares (p.23).

La utilización de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) comenzó a finales de la década de los sesenta, en EUA. Después fue una exigencia del Banco Mundial “para controlar el comportamiento ambiental de aquellos proyectos que, [...] en los países menos desarrollados, podrían ser ambientalmente conflictivos”. Su capacidad legal está dirigida a guiar la toma de decisiones en cuanto a la aceptación del impacto “del proyecto que lo produce en caso de ser ejecutado”. Dentro de los obstáculos a los que se enfrenta la EIA, es la idea generalizada que se tiene sobre ésta, pues se piensa que carece de calidad técnica y que su procedimiento es fastidioso, además es verdad que en algunos casos no están controladas las competencias de quienes las elaboran, lo que da paso a

que oportunistas realicen estudios deficientes para completar el requisito y acelerar el proceso del proyecto en cuestión (Gómez, 2003:23-25).

Conesa (1993) menciona que para realizar la EIA es preciso distinguir tres grupos de conceptos: los adyacentes o elementos del medio, los elementos del proceso y los elementos intrínsecos que pueden ser o no característicos del medio.

En cuanto a los elementos intrínsecos, se encuentran los siguientes:

- *Calidad del Medio o Ambiental (CA)*. Para cada factor del medio.
- *Indicador de Impacto Ambiental*. Concepto asociado a un factor que proporciona la medida de la magnitud del impacto.
- *Extensión de un impacto*. La superficie afectada
- *Importancia de un impacto*. Ponderación de impacto según el efecto de una acción sobre un factor ambiental.
- *Fragilidad Ambiental*. Vulnerabilidad o grado de susceptibilidad.

Metodología para identificar los impactos en el paisaje

Respecto a la *identificación del impacto*, es importante considerar el lugar y el tiempo en que ocurre el impacto, respecto al lugar es un tanto obvio que los impactos ocupan un plano que contiene los elementos físicos de la actividad sobre los planos de los factores ambientales, los impactos de sobreexplotación pueden representarse en el área ocupada por el recurso explotado y que está sometida a alteración, distinto para los impactos de contaminación que varía según los puntos en donde alcance niveles críticos. Respecto al tiempo es básico tomar en cuenta los procesos de evolución de un sistema y cómo actúa en paralelo al impacto, el factor tiempo puede intervenir en los impactos de la siguiente forma: para desencadenar relaciones de causa-efecto, en la evolución de un impacto simple a positivo o negativo o en el impacto de una actividad humana la cual puede variar según el ritmo al que se desarrolla (Gómez y Gómez, 2013:180).

1.3.3. Componentes del riesgo de desastres

El análisis de los impactos ambientales también se puede abordar con el enfoque del riesgo de desastres, en este caso, sus componentes son:

Amenaza

Es la posibilidad de que ocurra un evento físico que pueda ocasionar daños o pérdidas de carácter ambiental, humano o económico. Puede ser un fenómeno, sustancia, actividad humana u alguna otra actividad que represente peligro. La amenaza se clasifica en tres tipos: natural, por las dinámicas naturales; antrópico por las dinámicas sociales; y socio-natural (Figura 1.3), en el que las condiciones de amenaza son creadas o ampliadas por procesos sociales (Lavell, s.f.; UNISDR, 2009).

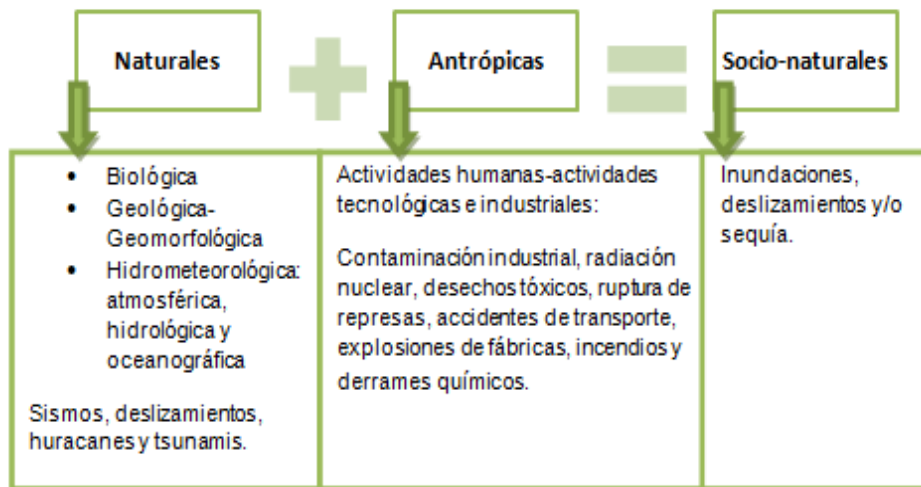


Figura 1.3. Clasificación y ejemplos de las amenazas

Fuente: elaborado con base en Lavell, s.f.; UNISDR, 2009.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014), menciona que las emergencias, siniestros o desastres son causados por diferentes fenómenos perturbadores, que según su origen se pueden clasificar en naturales y antrópicos, planteamiento reforzado en La Ley General de Protección Civil publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2021), donde se define a los fenómenos como agentes perturbadores. No obstante, para este trabajo dichos fenómenos perturbadores se consideran como fenómenos peligrosos, es decir, que representan una amenaza. Como se puede observar en la Figura 1.4, los fenómenos de origen natural se dividen en dos tipos: los geológicos y los hidrometeorológicos, mientras que los de origen antrópico se dividen en tres tipos: los químico-tecnológicos, los sanitario-ecológicos y los socio-organizacionales.

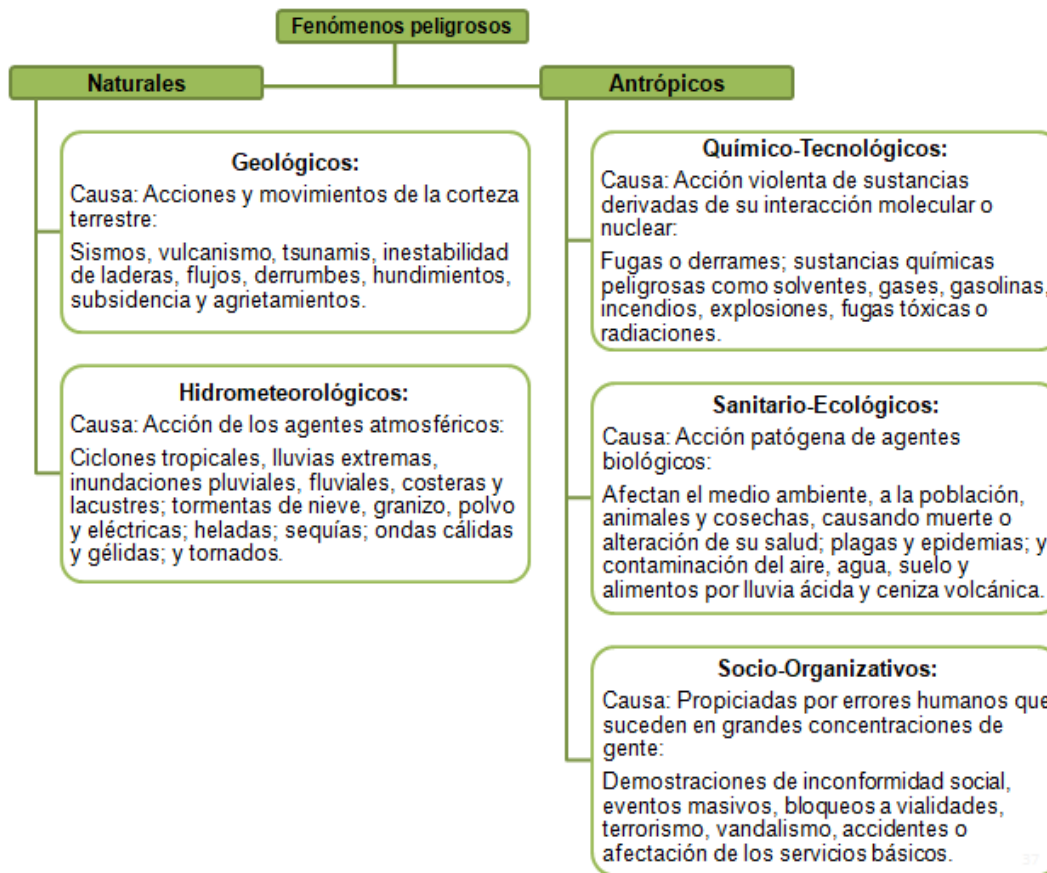


Figura 1.4. Fenómenos peligrosos

Fuente: elaborado con base en CENAPRED, 2014; DOF, 2021.

Vulnerabilidad

Una de la teorías que rodean al concepto es la de *vulnerabilidad global* de Wilches-Chaux (1993), quien define a la vulnerabilidad como la incapacidad de una comunidad para absorber a través del autoajuste, los efectos de un cierto cambio en su medio ambiente, bajo el cual ponen a prueba su incapacidad para adaptarse a dicho cambio, que más bien les representa un riesgo. Se asigna un valor antrópico a este concepto, ya que es una construcción social. Los tipos de vulnerabilidades se relacionan entre sí.

Grado de exposición

Varía en función de la localización de la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos ubicados en las zonas donde existen amenazas, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales. Las medidas del grado de exposición pueden incluir la cantidad de personas y los tipos de bienes en una zona. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza

en particular con el fin de calcular los riesgos cuantitativos relacionados con esa amenaza en la zona bajo estudio (UNISDR, 2009). “Una definición completa de riesgo tiene que comprender el concepto de exposición a un peligro”, por ejemplo: “la exposición a sustancias tóxicas presentes en el medio ambiente, el aire que respiramos o en el agua y alimentos que ingerimos. Los efectos de una exposición de este tipo dependerán de la toxicidad de la sustancia, de la dosis y del tiempo y frecuencia de la exposición” (Evans *et al.*, 2003:11).

Riesgo

Es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. La palabra riesgo tiene dos connotaciones distintas: en lenguaje popular, por lo general se hace énfasis en el concepto de la probabilidad o la posibilidad de algo, tal como el riesgo de un accidente, mientras que en un contexto técnico, con frecuencia se hace más énfasis en las consecuencias, en términos de pérdidas posibles relativas a cierta causa, lugar y momento en particular. Se puede observar que la gente no necesariamente comparte las mismas preocupaciones sobre el significado y las causas subyacentes de los diferentes riesgos (UNISDR, 2009).

Según la Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de Naciones Unidas (UNISDR, por sus siglas en inglés, 2009), el *riesgo* va a depender del grado de exposición a ciertas amenazas. El *intensivo* corresponde a grandes poblaciones, el *desastres* abarca grandes pérdidas y daños posibles, el *extensivo* a las poblaciones dispersas con un impacto de baja intensidad y se relaciona con los *aceptables*, es decir pérdidas potenciales que pueden controlarse, todos estos derivan en el riesgo *residual*, el cual no se gestiona aun cuando ya hay medidas de reducción del riesgo de desastres y para los que se busca mantener las capacidades de emergencia y recuperación.

Desastre

De acuerdo con la UNISDR (2009) el *desastre* es el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, las capacidades negativas como: muertes, pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales. “Los desastres son una construcción social, el resultado de procesos sociales identificables que tienen lugar durante diversos periodos de tiempo, desde siglos o

periodos relativamente cortos” (Oliver-Smith *et al.*, 2016:60). Por lo tanto la construcción y producción del desastre social rechaza la idea de que los desastres sean naturales.

“En el campo de la salud y del medio ambiente, el riesgo se identifica como la probabilidad de que un individuo o una población presenten una mayor incidencia de efectos adversos por exposición a un peligro” que pueden ser causados por una sustancia química tóxica y la toma de decisiones correspondiente para manejar dichos efectos (EPA, 2001, citado por Evans *et al.*, 2003: 11 y 12).

Evaluación del Riesgo Ambiental (ERA)

La Evaluación del Riesgo Ambiental es “la determinación de la naturaleza y probabilidad de que las actividades humanas provoquen efectos indeseables en los animales, las plantas y el ambiente”. Ha sido una herramienta utilizada en el desarrollo de programas de protección ambiental y en la toma de decisiones para el manejo del medio ambiente. “La ERA ayuda a identificar los valores ambientales de interés y los riesgos más importantes y además identifica los huecos de información” (Evans *et al.*, 2003: 63). Parecida a la Evaluación del Impacto Ambiental, es de carácter preventivo.

1.4. Impactos ambientales de la minería

Es importante destacar que el control del proceso de minado, beneficio y metalurgia debe ser constante desde el inicio hasta el final, para prevenir, reducir o manejar los *problemas ambientales* que puedan surgir. Particularmente estos problemas ambientales dependen de los siguientes factores, los cuales inciden en su grado de vulnerabilidad (Sánchez y Sánchez, 1993, citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002):

- *Características geográficas del sitio:* Topografía local, geología, clima, hidrología superficial y subterránea.
- *Tipo de minado:* Profundidad del yacimiento, forma e inclinación del depósito, distribución de las leyes del mineral y la geomecánica de las rocas encajonantes y del yacimiento.
- *Dimensión de la explotación:* La gran minería puede multiplicar los efectos del impacto ambiental.
- *Antigüedad de la explotación:* Efecto sumatorio de las operaciones mineras precedentes que con el paso del tiempo implementaban distintas tecnologías y sus residuos resultaban altamente contaminantes y sus depósitos recuperaban menos mineral.

- *Mineral explotado.*
- *Tratamiento del mineral:* Considerada como la etapa más contaminante para el suelo, agua y aire, por sus métodos de beneficio con ciertos reactivos químicos, como se puede apreciar en el Cuadro 1.4.
- *Destino de los residuos finales:* Dividido en dos tipos: la presa de jales para los residuos del proceso de beneficio y el de los terreros para los materiales del descapote en un área alejada de los asentamientos humanos y con altas medidas de seguridad.

Cuadro 1.4. Efectos ambientales de la minería según la fase de explotación

Fase	Causas	Efectos	Conclusión
1. Exploración	Los vuelos de aviones bajos	Afecta a la población y a la vida silvestre	Afectan una gran superficie respecto al resto de las operaciones en un periodo de tiempo corto y con una severidad leve.
	Rejillas de exploración	Disturbios en la vida silvestre, erosión de suelos	
	Zanjas	Alteración de cursos de agua adyacentes	
	Perforaciones	Contaminación del agua superficial y subterránea	
	Transporte: construcción de caminos, tráfico y tipo de usuarios	Alteración a la vida silvestre	
3. Operación	Explotación: Remoción de material estéril, molienda, beneficio y construcción de presas, etc.	En muchos desechos pueden contenerse restos de metales y compuestos de azufre que pueden ser fuentes de drenaje ácido y de emisiones de dióxido de azufre en forma de partículas que pueden ser acarreadas por el aire y el agua	Afectan a escala local en términos de perturbación superficial, producción de grandes cantidades de desechos sólidos y de propagación de químicos reactivos en la atmósfera, hidrosfera y litosfera. Pueden volverse regionales por grandes tajos abiertos.

Fuente: elaborado con base en Ripley *et al.*, 1996.

Según Ripley *et al.* (1996), los mayores efectos ambientales provienen del tratamiento de minerales, principalmente del proceso de beneficio, la etapa de mayores efectos ambientales por desperdicios sólidos de la molienda, uso de agua y desperdicio de agua, emisiones de partículas a la atmósfera que surgen de la trituración, molienda y transporte, del mineral y de los métodos de separación en seco. En cuanto a los procesos metalúrgicos extractivos, los efectos ambientales más destacados son los desperdicios sólidos provenientes de la escoria de la fundición de la pirometalurgia y los residuos de la hidrometalurgia, las perturbaciones a los acuíferos sobre todo en los procesos de lixiviación (*in-situ*), la emisión de gases, partículas y dióxido de azufre a la atmósfera debido a la etapa de fundición de la pirometalurgia y la energía desperdiciada. A pesar de esto, una forma de identificar y reducir dichos efectos ambientales es a través de la

identificación de los procedimientos tradicionales o avanzados de dicha etapa los cuales varían de mina en mina.

Además, dentro de las medidas que se han tomado como parte de la conciencia ecológica, para recuperar los espacios que han quedado luego del cierre o abandono de las minas subterráneas, se da un nuevo uso o se reconvierten los sitios mineros a su estado original, como es el caso de Canadá que busca la rehabilitación mediante la arquitectura del paisaje (Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

Ventajas y desventajas ambientales según el tipo de minado

A pesar de que la minería subterránea aparentemente “tiene efectos menos visibles en el entorno que la que se realiza a cielo abierto”, de forma intrínseca implica cambios en el paisaje derivados de las instalaciones mineras, abatimiento de mantos freáticos, alteración de la circulación general del agua subterránea, contaminación por minerales en el agua subterránea que llega a la superficie y que repercute en el consumo de la población, la inestabilidad del terreno que puede propiciar hundimientos locales y el gran crecimiento de los asentamientos que se localizaron al margen de la minas (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:106). En el Cuadro 1.5, se argumentan las ventajas y desventajas de cada tipo de minado, lo cual conduce a distintos impactos ambientales.

Cuadro 1.5. Ventajas y desventajas ambientales según el tipo de minado

Método de minado		Ventajas ambientales	Desventajas ambientales
Subterráneo	Rebaje naturalmente soportado	<ul style="list-style-type: none"> Menor remoción de roca estéril 	<ul style="list-style-type: none"> Alta probabilidad de hundimiento Oxidación de materiales expuestos
	Rebaje artificialmente soportado	<ul style="list-style-type: none"> Bajo riesgo de hundimiento Elimina materiales de desecho 	<ul style="list-style-type: none"> Posibilidad de oxidación y combustión del material de relleno Drenaje lodoso y eliminación de desechos Daño a los acuíferos
Superficial	Tajo abierto	<ul style="list-style-type: none"> Accesibilidad Bajo riesgo de accidente para el personal 	<ul style="list-style-type: none"> Grandes cantidades de residuos rocosos, polvo, ruido por explosiones, drenaje minero y oxidación de minerales.
	Aluvial	<ul style="list-style-type: none"> Control relativo del daño ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> Alto potencial de emisión de partículas a la atmósfera e hidrosfera Perturbación superficial
Sin entrada (métodos especiales)	Pozo de perforación	<ul style="list-style-type: none"> Mínima perturbación superficial Bajo riesgo de accidente para el personal 	<ul style="list-style-type: none"> Baja eficiencia de extracción
	<i>In-situ</i> lixiviación; soluciones	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de desperdicios sólidos y perturbación superficial Bajo riesgo de accidente para el personal 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere de la eliminación de grandes cantidades de sales solubles Posible contaminación de acuíferos Hundimientos

	<i>In-situ utilización</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mínima perturbación superficial • Bajo riesgo de accidente para el personal • Mínimos residuos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para controlar y contener el proceso subterráneo • Alto potencial de contaminación subterránea • Explosiones
--	---------------------------------------	--	---

Fuente: elaborado con base en Ripley *et al.*, 1996; López, 1994; SGM, 2017a.

Además de las que ya se presentaron, otras de las ventajas de la minería a cielo abierto es que permite minar selectivamente con un potencial de 100% de extracción dentro de los límites de la excavación y requiere de poco personal por su alta mecanización. Por el contrario, la mayor desventaja de este tipo de minado es el costo ambiental que implica, así como los cambios en las condiciones climáticas y las afectaciones superficiales del terreno. “Lo anterior se debe a que tanto la roca estéril del encape como las arenas o jales de desecho producto de las plantas de tratamiento de minerales, tienen que ser depositados en alguna parte del terreno superficial” en grandes áreas conocidas como terreros y presas de jales (López, 1994:67). De acuerdo con López (1994), se considera a este tipo de minado más conveniente en términos económicos y laborales que el subterráneo, más no en términos ambientales.

Impactos ambientales de la minería a cielo abierto

Debido a que este tipo de minado requiere de superficies mayores, sus efectos también resultan más visibles y se enlistan a continuación, según Coll-Hurtado *et al.* (2002):

- Alteración en la geomorfología local de dos formas: Por acumulación de materiales estériles en terreros provenientes del descapote y por depresiones ocasionadas por la profundización de los tajos. Aunado a los procesos de desestabilización del terreno y deslizamiento de laderas.
- Pérdida de cubierta vegetal, suelo y hábitat por el descapote, que además favorece a la erosión eólica e hídrica.
- Polvo en el aire, debido a los trabajos de tajo que requieren de voladuras, así como de las zonas de molienda.
- Ruido y vibraciones provenientes de las voladuras y las explosiones.

Para atender a los problemas ambientales que ha traído consigo este tipo de minado, principalmente en la superficie, algunos países modificaron sus legislaciones mineras para controlar y proteger el medio ambiente... (López, 1994:67):

de tal manera que los terreros y presas de jales son motivo ahora de intensos trabajos de reforestación, para devolverle al terreno original una vez terminada la

actividad minera, su atractivo natural, y en ocasiones, como sucede con los descapotes de mantos de carbón, la topografía casi original.

Esto motivó a estudiar la viabilidad económica de futuros proyectos mineros para realizar dicha reforestación cuando el depósito haya sido agotado y las instalaciones se hayan retirado. En algunos países esto es una oportunidad para aprovechar el terreno y darle un cambio al uso de suelo, por ejemplo: creación de espacios recreativos destinados al turismo (López, 1994).

En general los impactos ambientales generados por la minería a cielo abierto se pueden englobar en los siguientes tipos, según Vadillo (s.f.):

- *Impacto atmosférico.* Por emisión de gases de la combustión de maquinaria y de las voladuras; emisión de partículas sólidas arrastradas por el polvo en las labores de perforación, voladura, carga y transporte y acumulaciones materiales o stock. En grandes explotaciones se puede modificar incluso el microclima.
- *Impacto por ruido y vibraciones.* Por los explosivos, las voladuras y la maquinaria.
- *Impactos sobre la tierra.* Pérdida de suelo natural, cambios en la morfología, riesgos inducidos sobre los terrenos a causa de la alteración de los factores que estabilizan el medio físico (movimiento de ladera, inundaciones). También se han observado otros impactos como asentamientos del suelo por el peso de la maquinaria (camiones para el acarreo y grandes palas mecánicas).
- *Impacto sobre las aguas.* Alteración química del propio mineral o de otros que lo acompañan y contaminación física por el arrastre de materiales finos en el vertido directo de las plantas de tratamiento a los cursos de agua.
- *Impacto sobre la flora y fauna.* Eliminación de la cubierta vegetal y con ello el hábitat de la fauna.
- *Impacto paisajístico-visual.* Se consideran tres factores:
 - *La calidad paisajística.* El valor intrínseco del paisaje.
 - *La fragilidad.* La capacidad de respuesta del paisaje para soportar la acción antrópica.
 - *La visibilidad o incidencia visual.* Determinado por la cuenca visual o zona visible desde un punto de la explotación.
- *Impacto socio-económico y cultural.* La alteración del modo de vida tradicional, principalmente en comunidades rurales. En el sistema económico, en el aumento

de nivel de vida por la creación de empleos, servicios, etc. En el sistema cultural, con la repercusión en el patrimonio cultural.

Dentro de estos impactos sobre cada uno de los componentes ambientales se pueden destacar “aquellos parámetros que permiten una evaluación cualitativa o cuantitativa de la magnitud del impacto respecto de niveles umbrales” denominados indicadores de impacto. A continuación se presentan los más utilizados en minería (Vadillo, s.f.) (Figura 1.5):

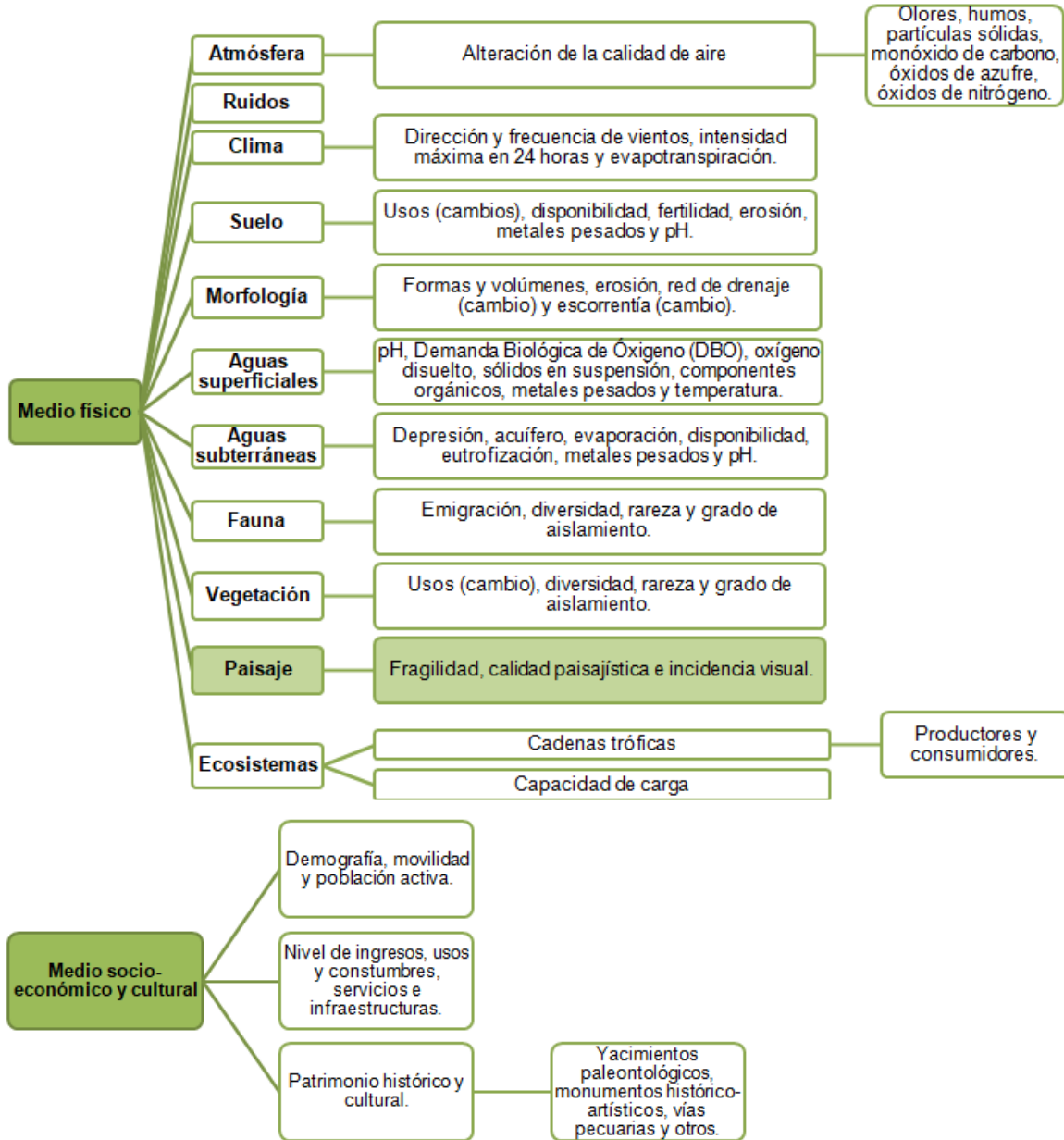


Figura 1.5. Indicadores de impactos causados por la minería

Fuente: elaborado con base en Vadillo, s.f.

1.5. Minerales como recursos naturales

Mineral

De acuerdo con López (2003:1), “un mineral es un sólido por procesos de naturaleza inorgánica, que posee una composición química definida y, si se crea en condiciones favorables, también presentará una forma cristalina y otras propiedades físicas”.

Depósitos minerales

Los *depósitos minerales* también conocidos como *criaderos* o *yacimientos minerales* de acuerdo con Coll-Hurtado *et al.* (2002), son la concentración de un mineral comercial que aloja a la roca huésped y a los minerales asociados. En cuanto al origen de los depósitos minerales, se encuentran los siguientes, según López (2003):

- *Precipitación en el seno del agua:* Calizas, fosforitas, salinas, etc.
- *Origen orgánico:* Carbón y petróleo.
- *Origen magmático:* Es decir, formados por segregación magmática: níquel.
- *Metamórficos o formados por metamorfismo:* Granate, oro, magnetita, calcopirita, etc.
- *Pneumatolíticos o formados por gases próximos a los contactos con granito:* Turmalina, topacio, casiterita, wolframita, etc.
- *Metamorfismo regional:* Grafito, cianita, sillimanita, etc.
- *Hidrotermales:* Es decir, el relleno y reemplazamiento en vetas, mantos, chimeneas y cuerpos diseminados.
- *Residuales por lixiviación de SiO₂:* Formación de yacimientos de níquel o aluminio.
- *Enriquecimiento secundario:* minerales oxidados, sombreros de Fe.
- *Placeres:* En general los metales pesados, oro y estaño.

Los siete tipos de depósitos minerales por López (1994) son: los depósitos masivos, los depósitos estratiformes, las vetas angostas, las vetas anchas o potentes, los cuerpos lenticulares, los depósitos tubulares (chimeneas) y los depósitos de placer.

Roca

La *roca* es “un agregado de dos o más minerales, por los que casi todas ellas están formadas por asociaciones de minerales, excepto las rocas vítreas las cuales están constituidas por vidrio volcánico en lugar de minerales” y se dividen en tres grandes

grupos que conforman el ciclo de las rocas, en el que se experimenta una serie de transformaciones a través de distintos procesos físicos y químicos, principalmente (López, 2003:3), donde se forman rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2017b), los minerales se clasifican con base en su composición química y estructura interna, ya que esto determina sus propiedades físicas. Existen diversas clasificaciones específicas que se basan en la composición química del mineral según su anión dominante, tal es el caso de los óxidos, los haluros, los sulfuros y los silicatos, por ejemplo. Una clasificación básica es la que hace López (2003) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, s.f. a, b y c), presentadas en el Cuadro 1.6, donde se tienen tres grandes grupos, los *minerales metálicos*, aquellos que “tienen brillo propio y son buenos conductores de calor y electricidad”; los *minerales no metálicos*, que “no tienen brillo propio ni conducen electricidad” y finalmente, los *combustibles*, minerales energéticos que “permiten liberar energía entre sí”, en esta clasificación se agrupan los hidrocarburos.

Cuadro 1.6. Clasificación de los combustibles, minerales metálicos y no metálicos

Combustibles	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo • Gas natural • Carbón mineral: Coquizables (ceniza < 15%) y no coquizables (ceniza >15%) • Minerales radioactivos: Uranita, pechblenda, carnotita, torianita, etc.
Minerales metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Metales siderúrgicos: Hierro, manganeso, níquel, cobalto, vanadio y cromo • Metales tradicionales: Plomo, cobre, zinc, estaño. • Metales ligeros: Aluminio, magnesio, titanio • Metales raros: Radio y berilio • Metales preciosos: Oro, plata y platino
Minerales no metálicos o minerales industriales	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales de construcción: basalto, caliza, yeso, arcilla, grava y arenas • Industria química: azufre y cloruro de sodio • Industria de fertilizantes: roca fosforita, potasa, nitratos diversos • barita, caolín, celestita, diatomita, dolomita, fluorita, feldespato, grafito, sal, sulfato de sodio, sulfato de magnesio y wollastonita.

Fuente: elaborado con base en López, 2003; INEGI, s.f. a, b y c.

1.5.1. Fases de desarrollo de la explotación minera

La minería consiste en recuperar de forma integral los depósitos minerales y derivar productos comerciales hacia el sector económico, proceso que se realiza en las cuatro fases expuestas en el Cuadro 1.7, las cuales se pueden llevar a cabo en distintas áreas de un mismo espacio minero (López, 2003; Coll-Hurtado *et al.*, 2002; Ripley *et al.*, 1996)

Cuadro 1.7. Fases de desarrollo de una explotación minera

1	Exploración	<ul style="list-style-type: none">• Prospección e investigación geológica, geofísica e histórica del yacimiento.
2	Obras de desarrollo	<ul style="list-style-type: none">• Puesta en marcha del proyecto y preparación del sitio:• Primera etapa: Determinación de la configuración del depósito.• Segunda etapa: Determinación del método de explotación.
3	Operación	<ul style="list-style-type: none">• Primera etapa: Extracción y selección del tipo de minado.• Segunda etapa: Tratamiento por beneficio y otros procesos metalúrgicos.
4	Cierre o abandono	<ul style="list-style-type: none">• Restauración y rehabilitación del sitio finalizada la explotación.

Fuente: con base en Coll-Hurtado *et al.*, 2002 y Ripley *et al.*, 1996.

Exploración

En la primera fase se realiza la *prospección*, la cual junta las investigaciones de los antecedentes históricos del área de estudio y sus observaciones en campo para apreciar el valor económico y si es conveniente continuar o suspender los trabajos de desarrollo para realizar barrenos de exploración. Si resulta conveniente, se efectúan perforaciones a diamante extensas para realizar una evaluación del depósito y determinar su tipo y sus características como el tamaño, posición y forma, así como la evaluación de las reservas, las leyes del mineral y el estudio de la viabilidad económica para explotarlo. De esta fase depende verificar las zonas de interés rentables para proceder a la explotación a través del cuele de obras subterráneas como: socavones, tiros, niveles, pozo, etc. o a explotación a cielo abierto. Se pueden distinguir tres tipos de prospección (López, 2003; Coll-Hurtado *et al.*, 2002): prospecciones conducentes a la localización de la mena, prospecciones conducentes a la ampliación de reservas y prospecciones conducentes a la explotación de una mena.

Obras de desarrollo

En la segunda fase se pone en marcha el proyecto para probar si el yacimiento es costeable para la extracción y que en función de esto se realice la explotación minera. Estas obras se dividen en dos etapas a partir de procedimientos de muestreo, análisis de laboratorio, cálculos de la ley media y tonelaje de una mena y planos de muestreo (López, 2003; Coll-Hurtado *et al.*, 2002): la primera, de desarrollo general; es decir la determinación de la configuración del depósito, su buzamiento y el trazado de la mina; y la segunda, consiste en la determinación del método de explotación, se preparan los tiros y socavones en el caso de la minería subterránea o se realizan las labores de *descapote*, que es la remoción del materia estéril sobre las mineralización, en el caso de la minería

superficial. Posteriormente se calculan las reservas minerales a través de distintos métodos y se clasifican en diversos términos comerciales de geología minera.

Operación

La tercera fase corresponde a la *operación*, dividida en dos etapas más (Coll-Hurtado *et al.*, 2002):

La primera etapa corresponde a la *extracción* de los minerales de valor económico. Con la información geológica suficiente, “el siguiente paso será la selección del método de minado que física, económica y ambientalmente se adapte para la recuperación del mineral comercialmente valioso contenido en el yacimiento” pues las condiciones que determinan el método de minado dependen de las características de los depósitos minerales creados antes, durante o después de que ocurriera la mineralización, según López (1994:3) son las siguientes:

1. Tamaño y morfología del cuerpo mineral.
2. Espesor y tipo del encape superficial.
3. Localización, rumbo y buzamiento del depósito.
4. Características físicas y resistencia del mineral.
5. Características físicas y resistencia de la roca encajonante.
6. Presencia o ausencia de aguas subterráneas y sus condiciones hidráulicas relacionadas con el drenaje de las obras.
7. Factores económicos involucrados con la operación, incluyendo la ley y tipo de mineral, costos comparativos de minado y ritmos de producción deseados.
8. Factores ecológicos y ambientales, como la conservación del entorno original en el área de minado y prevención de que sustancias nocivas contaminen las aguas o la atmósfera.

Según López (1994), los métodos de minado son tres: el minado superficial, el minado subterráneo y el minado sin entrada o de métodos especiales.

El *minado superficial* se lleva a cabo en una mina superficial, la cual “es una excavación a cielo abierto destinada a la explotación de minerales”. Sistema que puede emplearse para la extracción de minerales metálicos como hierro, cobre y no metálicos comúnmente “a partir de cualquier depósito mineral cercano a la superficie del terreno”, generalmente son grandes y se localizan a menos de 160 m. “Los tamaños de los depósitos podrán variar

desde algunos cientos de toneladas, hasta yacimientos de más de 100 millones de toneladas” (López, 1994:9).

En muchos casos el minado a cielo abierto se combina con el subterráneo para un mayor aprovechamiento del depósito mineral. Generalmente, cuando se inicia la extracción superficial, resulta más costoso continuar la extracción de forma subterránea que seguir con la remoción del material residual de acuerdo con las profundidades y pendientes que se encuentren en el camino (Ripley *et al.*, 1996).

El minado superficial se divide en tres tipos:

1. *Minado de placeres.* “Concentración de minerales pesados a partir de materiales detríticos” (SGM, 2017).
2. *Minado a tajo abierto o cielo abierto.* El de mayor confusión, de acuerdo con López (2003:343) “los términos “*tajo abierto*”, “*cielo abierto*”, “*cantera*” y [...] “*open pit*” son empleados para referirse a una operación de minado de [...] materiales específicos que deberán ser extraídos de una matriz o formación donadora, empleando para ello técnicas de explotación superficial” (Figura 1.6). Dentro de la terminología mexicana se alude a la explotación minera superficial como de tajo abierto. Sin embargo Ripley *et al.*, (1996), sugiere un par de estos términos y añade uno más como métodos de la minería superficial:
 - a. *Tajo abierto/Open pit.* Su forma permite explotar depósitos minerales masivos y remover grandes cantidades de material residual mientras la mina se encuentra en la fase de desarrollo y operación.
En el caso de los tajos abiertos de los minerales metálicos y no metálicos, la remoción del material estéril que se localiza sobre el depósito se conoce como *descapote* y se considera desperdicio, por lo que se busca disponer de él de una forma costosa y a favor del medio ambiente (López, 2003).
 - b. *Minería a cielo abierto/Strip mining.* Son depósitos de cama horizontal, de origen sedimentario y comúnmente de carbón. Por el contrario, remueven la sobrecarga, el depósito es minado y los residuos son reemplazados de forma cíclica, de modo que la fracción de los residuos es constante durante las fases de desarrollo y operación.
 - c. *Depósitos aluviales.* Material acumulado en abanicos aluviales compuesto de arenas y gravas.

- d. *Canteras*. Según López (2003), permiten el consumo de casi todo el material minado como producto final. De aquí se extraen rocas o minerales no disgregados para utilizarlos como materiales de construcción (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2015).

Las minas de tajo abierto han aumentado gracias al incremento de los volúmenes de producción debido a la tecnología sofisticada de los países desarrollados. Su auge fue notorio desde principios del siglo XX, “la productividad en tajos abiertos ha aumentado entre 250 y 350% más que las minas subterráneas” (López, 1994:61). En la actualidad este tipo de minado produce la mayor parte de rocas y minerales demandados por la industria minera y de la construcción a nivel mundial, por ejemplo, en Canadá la minería a cielo abierto se ha convertido en el método dominante para extraer minerales como el carbón, metales comunes, hierro, asbestos, entre otros metales industriales (López, 2003; Godin 1992, citado por Ripley *et al.*, 1996).

3. *Glory Hole*. “Excavación a cielo abierto a partir de la cual el mineral es removido por gravedad a través de uno o más contrapozos a niveles de acarreo subterráneo” (SGM, 2017a).

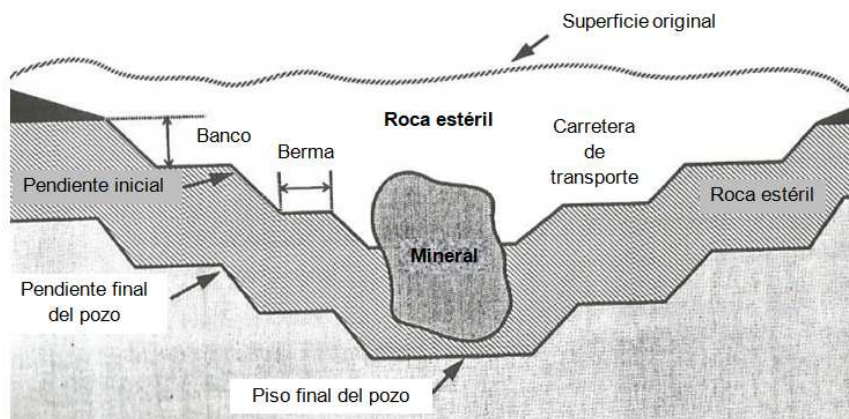


Figura 1.6. Corte transversal de una mina a cielo abierto

Fuente: Marshall, 1982 citado por Ripley *et al.*, 1996:19.

El *minado subterráneo* es la “explotación de recursos mineros que se desarrolla por debajo de la superficie”. Se deben considerar los factores de resistencia del mineral y de la roca encajonante, el tamaño, la forma, la profundidad, ángulo de buzamiento y posición del depósito, la continuidad de la mineralización, etc. (SGM, 2017a). De acuerdo con Ripley *et al.* (1996), esta se lleva a cabo a través de tres métodos principales:

1. *Rebajes naturalmente soportados/Open stoping*. Se aprovechan los sitios de rocas suficientemente fuertes para soportar las paredes y pilares de la misma roca de las cavidades subterráneas hechas por perforaciones y voladuras para extraer el mineral.
2. *Rebajes artificialmente soportados/Filled stoping*. Parte de las minas son rellenas por los residuos de material como soporte artificial para reducir el colapso y el hundimiento.
3. *Rebajes de hundimiento*. “Aplicables a depósitos de minerales de tipo masivo con grandes desarrollos horizontales susceptibles de colapsarse para seguir el hundimiento del mineral conforme sea removido y extraído” (SGM, 2017a).

Dichos métodos son útiles para extraer los minerales de oro, plata, plomo níquel y zinc que se presentan en forma de vetas y yacimientos profundos (López, 1994).

El minado *sin entrada* se refiere a depósitos subterráneos que conducen a la superficie y por lo tanto no requieren de grandes accesos, personal y maquinaria. En algunos casos sus depósitos contienen comúnmente metales como el cobre y el uranio. Este tipo de minado se divide en dos grandes métodos (Ripley *et al.*, 1996):

1. *Pozos de perforación/ Auger mining*.
2. *Minería de soluciones o por métodos especiales/ Solution mining*. Emplean “técnicas de disolución de los valores contenidos en el yacimiento” y sin necesidad de penetrarlo físicamente para la extracción por medio de las siguiente técnicas:
 - a. *Lixiviación/ In-situ leaching*.
 - b. *Utilización/ In-situ utilization*. Mediante la gasificación subterránea o la combustión de depósitos de carbón.

La segunda etapa de la fase de operación corresponde al *tratamiento*. Se requiere de procesos metalúrgicos para extraer los metales de sus menas, refinarlos y prepararlos para su uso. La separación y la extracción de los metales de las concentraciones minerales se llevan a cabo a través del proceso de beneficio y el de la transformación (SGM, 2017c). Ripley *et al.* (1996) aseguran que los primeros minerales metálicos que se explotaron poseían un alto porcentaje de ley y podían fundirse directamente, sin beneficio, no obstante, debido a la gran explotación de sus depósitos es que en la actualidad se han agotado y sus porcentajes de ley son menores. Razón por la que estos minerales son bastante diluidos para manejarlos directamente, excepto por el método hidrometalúrgico.

El *proceso de beneficio*, funciona para remover componentes no deseados de los minerales, para incrementar la concentración deseada del mineral y/o para alterar las propiedades físicas del mineral como el tamaño de las partículas y el contenido de humedad. El proceso se divide en las etapas expuestas en el Cuadro 1.8, como materia prima inicial entra el material extraído y como producto final existen dos posibilidades: la primera, se da en el caso de la mayoría de los minerales no metálicos, en donde puede salir el producto terminado y listo para el mercado; en la segunda, correspondiente a la mayoría de los minerales metálicos, el concentrado pasa por un proceso adicional. Finalmente, los residuos líquidos y sólidos eliminados se depositan en las presas de jales o terreros (López, 1994).

Cuadro 1.8. Proceso de beneficio

Tipo de beneficio	Etapas	Objetivo
Preparación	Lavado	Elimina el lodo y material orgánico de los minerales.
	Trituración	Reduce el tamaño de los trozos de roca provenientes de la mina. A través de trituradores giratorios.
	Molienda	Reduce el tamaño de partículas relativamente gruesas de la trituración. A través de cilindros giratorios.
	Homogenización	Mezcla la molienda para compensar los tamaños de la granulometría y la composición química.
	Clasificación	Separación de una mezcla en dos o más fracciones en base al tamaño.
Concentración: Separación del mineral o metal útil de la ganga	Gravimétrica	Aprovecha la diferencia de densidades del material a través de la fuerza de gravedad, utiliza una gran cantidad de agua. A través de jig, tabling, lavabos y métodos de flotación. Usado generalmente para carbón, hierro, asbestos y magnesio.
	Flotación	Utiliza reactivos químicos para la separación de materia. Usado generalmente para sulfuros de metales básicos y potasa.
	Magnética y electrostática	Utiliza la atracción de ciertos minerales hacia un campo magnético y métodos de alto voltaje eléctrico. Usado generalmente para remover minerales de hierro de minerales industriales como cobalto, níquel, titanio, tungsteno entre otros.
Deshidratación del concentrado	-	-

Fuente: elaborado con base en SGM, 2017c y Ripley *et al.*, 1996.

Los procesos adicionales pertenecen al *proceso de transformación*, es decir, la “modificación mecánica o química del mineral extraído y beneficiado a través de un proceso industrial, después de cual resulta un producto diferente y no identificable con el mineral en su estado natural” (SGM, 2017c). Según Ripley *et al.* (1996), dichos procesos corresponden a la metalurgia extractiva y la refinación de los minerales. En ciertos casos se aísla el metal de los sulfuros, óxidos, silicatos, carbonatos u otros componentes. Para ello existen cuatro tipos de transformación, expuestos en el Cuadro 1.9, se debe aclarar

que pueden emplearse y combinarse uno o más tipos de métodos, generalmente la electrometalurgia se utiliza con los dos primeros tipos.

Cuadro 1.9. Proceso de transformación

Tipo de transformación	Etapas	Objetivo
Pirometalurgia (Método de mayor antigüedad)	Tratamiento preliminar a través de secado, calcinación, tostación y procesos de aglomeración	Utilización de calor para la conversión de un metal con sulfuro u óxido a lo más próximo a su elemento puro.
	Fundición en altos hornos, hornos de reverbero, retortas, etc.	
	Conversión	
	Refinado por fuego	
Hidrometalurgia (Método nuevo)	Preparación a través de la trituración, clasificación, molienda y tostación	Recuperación de los metales de sus menas o concentrados como el oro, cobre, níquel, zinc y uranio, por medio del uso de solventes como el agua y soluciones acuosas de ácidos o bases, disueltos mediante algún reactivo para luego precipitarlo por lixiviación.
	Solución/lixiviación	
	Separación y tratamiento de sólidos - líquidos	
	Concentración y deposición	
Electrometalurgia	-	Trata la extracción y refinación de los metales por el uso de la corriente eléctrica a través de métodos de electrólisis incluyendo electrodeposición, electrorrefinación y galvanoplastia, o por métodos electrotérmicos, como las retortas eléctricas, los hornos de arco eléctrico y los hornos de inducción.
Biometalurgia	-	Obtención del metal mediante un proceso confiado a la acción de las bacterias.

Fuente: elaborado con base en SGM, 2017c.

Cierre o abandono

La fase final corresponde al cierre o abandono “que implica, teóricamente, la restauración y rehabilitación del sitio minero una vez finalizada la explotación” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:105).

1.6. Antecedentes investigativos sobre impactos socio-ambientales por la minería a cielo abierto

Se han realizado pocos trabajos dedicados a la identificación de los impactos socio-ambientales ocasionados por la minería a cielo abierto en México. Destacan, en cuanto a la identificación de impactos ambientales, las guías metodológicas para la EIA de autores españoles como Conesa (1993), Gómez (2003), Gómez y Gómez (2013), y la de *Estudios de Impacto Ambiental* (Tomas, 2013), en donde se plantean las tipologías de impacto, algunas matrices para identificar los impactos que podrían ocasionar los proyectos antes,

durante y después en los factores del ambiente en términos sistémicos y en el paisaje. Por su parte, en el libro, *Geografía de los paisajes. Primera parte. Paisajes Naturales*, Mateo (2002), enuncia las aproximaciones desde las que se pueden analizar los impactos ambientales en el paisaje, así como una síntesis de sus causas y sus efectos.

Correspondiente ya a la identificación de impactos ambientales por la minería destaca el libro *Environmental Effects of Mining* (Ripley *et al.*, 1996), donde se enlistan los efectos inmediatos que ocasiona cada tipo de minado y fase de extracción minera, así como los posibles factores ambientales afectados. Respecto a los impactos ambientales por la minería a cielo abierto sobresale la *Evaluación de Impacto Ambiental* de la minería a cielo abierto de Vadillo (s.f.).

En términos de riesgos ambientales, en la *Introducción a los riesgos ambientales* (Evans *et al.*, 2003), en el *Manual de Protección Civil* de CENAPRED (2014) y en La Ley General de Protección Civil (DOF, 2021), se retoman las clasificaciones correspondientes a los fenómenos perturbadores considerados en este trabajo como fenómenos peligrosos para así relacionarlos con las actividades mineras y entender cómo estos pueden conformar una amenaza.

Recientemente, como parte del proyecto del *Atlas de la Minería de México* coordinado por Sánchez *et al.* (en prensa) del Instituto de Geografía de la UNAM, en el capítulo *La minería a cielo abierto y su impacto ambiental*, desarrollado por Oropeza *et al.* (en prensa), se propone una metodología para la estimación de dicho impacto ambiental en el país, a través del proceso de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process –AHP- por sus siglas en inglés), en el que inicialmente se califica del 1 al 3, el nivel de impacto en cada una de las variables observadas para cada mina de estudio utilizando imágenes satelitales e información vectorial (Cuadro 1.10), a las cuales, posteriormente, de forma cuantitativa, se les asigna un peso en función del grado de peligrosidad que representan dichas variables tanto de *los factores de impacto de las minas* como de *la modificación al paisaje*.

Cuadro 1.10. Variables para la estimación del impacto ambiental por la minería a cielo abierto en México

Variables	Factores de impacto	Minería	Tipo de minado	Cielo abierto.	
			Tipo de minerales explotados	Minerales metálicos. Minerales no metálicos.	
			Tipo de beneficio	Amalgamación/lixiviación/cianuración.	
				Flotación.	
				Separación magnética y otros.	
			Cuerpos de agua superficiales derivados de la actividad minera.		
	Accidentes y desastres mineros.				
	Modificación al paisaje	Medio natural	Geomorfología	Superficie afectada en hectáreas.	
				Formas artificiales del relieve: positivas, negativas y niveladas.	
				Transformaciones en el terreno a través del tiempo.	
			Procesos: erosión hídrica, eólica e inestabilidad de laderas.		
			Hidrografía	Alteración de la dinámica fluvial.	
			Número de ríos que atraviesen o fluyan cerca de la actividad minera.		
			Zonas de protección	Las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), los Sitios RAMSAR y las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA).	
Medio socio-económico			Población	Localidades mayores de 15,000 habitantes y localidades menores a los 15, 000 habitantes.	
	Presencia de población indígena.				
	Posición de la población en la cuenca con respecto a la mina.				
	Actividades económicas (uso de suelo).				

Fuente: elaborado con base en Oropeza *et al.*, en prensa.

Capítulo 2. Contexto histórico minero-ambiental en México

Se presenta el contexto histórico minero-ambiental de México de manera cronológica, dividido en diez periodos, partiendo de las primeras culturas metalúrgicas prehispánicas, hasta el periodo actual del extractivismo y la megaminería. En dichos periodos se destaca la evolución de la minería y la transformación de su paisaje, la legislación minero-ambiental más importante y los registros de denuncias de impactos y desastres socio-ambientales más relevantes de las minas analizadas.

2.1. Primeras culturas metalúrgicas prehispánicas (-1519)

De acuerdo con Gringberg (1990), las primeras culturas metalúrgicas prehispánicas de América fueron las que se localizaron en Alto Perú (Perú, Bolivia, norte de Argentina) en el año 800 a.C y las de Bajo Perú (zona costa de Perú y Ecuador) en el año 700 a.C., seguidas de las culturas metalúrgicas de Colombia (más al interior de Ecuador) en el año 600 a.C. y finalmente las de Centroamérica y Mesoamérica, de los años 700 a los años 900 d.C. Caso contrario al del mundo occidental, donde ya se habían desarrollado la edad de piedra y las edades de los metales: cobre, bronce y hierro.

De la cultura metalúrgica prehispánica del territorio que actualmente corresponde a México, se encontraron registros de actividad desde el año 400 d.C. hasta el año 1500, aproximadamente. Durante este tiempo destacó la explotación de piedras semipreciosas y de la sal, esta última básica en la dieta alimenticia, la cual se “obtenía de las marismas de las regiones costeras y en las salinas de lagos y ríos del interior”. Ambos recursos mineros poseían un amplio mercado. A finales del periodo, la explotación de algunos metales que se encontraban en estado nativo como el oro, la plata, el cobre, el estaño y el mercurio también tomaron relevancia (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:26).

Olmos *et al.* (2013) aseguran que los restos de las primeras operaciones mineras se encuentran en lo que hoy se conoce como Chalchicuites, Zacatecas, donde se producía malaquita y crisocola (piedras azul-verdes), debido al significado místico que se les otorgaba, así como plomo para la fabricación de cerámica. En este sitio, durante el siglo V d.C., se registra la actividad minera prehispánica más intensa de toda Mesoamérica, se “calcula que los antiguos habitantes de esta región procesaron 3,000 toneladas anuales de mineral, durante un lapso de 400 años”, además “se han logrado identificar más de 800 minas prehispánicas”, de las cuales, según el SGM (2020a) resalta la zona minera de Concepción del Oro-Mazapil, de donde igualmente se extraían turquesas.

De las zonas mineras del sur y del este del país, en Veracruz, “los indios de Chiconquiaco extraían oro de sus terrenos, el cual almacenaban en carrizos y de esta manera pagaban tributo al gran imperio Azteca que ejercía su dominio sobre las culturas Huasteca, Totonaca y Olmeca” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:23). En el siglo VII, destacó la minería de ámbar, piedra preciosa, en lo que hoy son Simojovel y Totolapa, Chiapas, pues el “comercio de estas joyas precolombinas se extendió por gran parte de Mesoamérica”, por ejemplo en la tumba 7 de Monte Albán se tiene ámbar tallado y se hace mención del ámbar en el Códice Florentino como *apozonalli* (Ordóñez-Cortés, 2009:1). Precisamente, en Monte Albán del siglo IX, floreció la orfebrería, “posiblemente con oro de placer de [...], Oaxaca” (Ordóñez-Cortés, 1986:11).

En la zona centro, en el siglo X, fue amplia la actividad minera en lo que hoy es Querétaro, donde destacaron las explotaciones mineras subterráneas para producir cinabrio (mercurio) y utilizarlo en sus rituales, mientras que en el siglo XI en el Soyatal probablemente fue utilizado como pigmento por su color rojo-naranja. Un par de siglos después, según estudios arqueológicos, se realizaron explotaciones a cielo abierto por los pueblos indígenas, quienes conocieron el ópalo y lo utilizaron para sus artículos ornamentales y ceremoniales. Para la explotación, se empleaban herramientas rudimentarias como martillos de roca, morteros, puntas de hueso, cuñas de madera, etc., y se aplicaron métodos similares a los actuales, conocidos como rebajes abiertos y corte y relleno (Ordóñez-Cortés, 1986:11, SGM, 2020b).

Durante el siglo XVI, posiblemente hubo explotación de plata en las regiones de los actuales Taxco, Guerrero; Real del Monte, Pachuca y Zimapán, Hidalgo; Tlalpajhua, Michoacán; y Sultepec, Estado de México (Ordóñez-Cortés, 1986:11). Para entonces, la plata y el oro se trabajaban a partir de la fundición en pequeños hornos, se utilizaban crisoles de arcilla y se aplicaba el método de la cera perdida. “Mediante martillado producían láminas de oro, plata y cobre que luego eran repujadas o labradas. Además, hacían aleaciones de dos o más metales: oro-cobre y/o plomo-cobre, que utilizaban sobre todo para fabricar cascabeles” (Hosler, 1997, citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002:26).

En términos generales, la minería prehispánica fue una actividad a pequeña escala y las técnicas aplicadas en este periodo, no representaron modificaciones específicas en el paisaje. Su principal objetivo consistió en la elaboración de objetos ornamentales (Coll-Hurtado *et al.*, 2002) y ceremoniales. De acuerdo con Ordóñez-Cortés (2009), varios de

los distritos mineros coloniales probablemente fueron objeto de esta minería pre-colonial desarrollada en distintos puntos del país.

2.2. Primer auge minero durante la Colonia (1519-1810)

Es en 1519 que llega Hernán Cortés a lo que hoy es México e inicia la conquista, para la cual fue necesario establecer, con ayuda de Hernán Martín, la primera fundición de hierro en el territorio, específicamente en la Villa Rica de la Vera Cruz con el objetivo de fabricar sus armas. Armados, se enfrentaron a una serie de conflictos bélicos hasta 1521 que se dio por iniciado el periodo colonial. Con ello emanaron nuevas expediciones que llevaron al descubrimiento de depósitos minerales como el de la plata en el Chico, Hidalgo (Ordóñez-Cortés, 1986 y 2009) y posteriormente el de Taxco, Guerrero, donde se desarrolló la primera operación minera formal, emprendida y gobernada por españoles en la naciente Nueva España (Ordóñez-Cortés, 2009). En los años sucesivos los descubrimientos fueron en ascenso y por ende el número de minas también, expandiéndose hacia lugares del Estado de México, de Jalisco y de Nayarit (CAMIMEX, s.f.).

Durante la década de 1520, este crecimiento obligó al rey Carlos V a promulgar las primeras leyes específicas para la minería de la Nueva España, así como las Ordenanzas posteriormente emitidas por los Virreyes, dirigidas hacia el fortalecimiento de la estructura minera, ya que los descubrimientos continuaban, esta vez hacia Zacatecas y San Luís Potosí (Ordóñez-Cortés, 1986 y 2009).

Conforme se expandían las actividades mineras se modificaba el paisaje y con ello se reflejaban los primeros impactos ambientales, tal como ocurrió inicialmente en la sierra de Zacatecas, cuyas minas fueron descubiertas en 1546, y la cual “quedó totalmente deforestada a los pocos años de haberse iniciado los trabajos en sus minas” (Bargalló, 1955 citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002:29) ya que era una zona en donde comúnmente se encontraban minerales de plata de alta ley (Ordóñez-Cortés, 2009).

Por otra parte, el auge minero motivó la construcción de pequeños asentamientos cercanos a las ricas minas, los cuales al paso del desarrollo minero se transformaron en ciudades mineras (SGM, 2018a: 2). A su vez, Zacatecas también “se convirtió en punto de partida de las expediciones hacia el norte” (Bargalló, 1955, citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002:31). Evidentemente, en pocos años todas estas transformaciones en Zacatecas propiciaron uno de los primeros conflictos mineros debido a la inconformidad de algunos

pobladores originarios respecto a los desplazamientos, molestias que materializaron en la *Guerra Chichimeca* liderada por zacatecanos, guachiles, caxcanes y guamares en contra de los españoles, lo que afectó a la producción minera hasta 1562. A pesar de esta situación, las labores mineras continuaron su expansión hacia Guanajuato, Coahuila, Aguascalientes y Oaxaca (Ordóñez-Cortés, 2009), lo que motivó al surgimiento de nuevas ciudades como las de Guanajuato y Saltillo, modelo que se reprodujo en la mayoría de los distritos mineros posteriores. Un par de siglos después, existieron más desacuerdos reflejados en una huelga en Real del Monte, Pachuca, contra los precios y la repartición del mercurio por parte de Pedro Romero de Terreros, mismo que años después fundó la casa de empeño *Nacional Monte de Piedad* (Ordóñez-Cortés, 1986 y 2009). En este periodo se explotó la fuerza de la población indígena que vivía casi esclavizada para efectuar las labores mineras desde la socavación, hasta el desagüe y la extracción del mineral, solo en algunos casos se apoyaban de animales de tiro (Metz, 1997, citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

En cuanto a las innovaciones metalúrgicas, entre 1550 y 1560, Fray Bartolomé de Medina inicio la experimentación y solicitó patente del *proceso de patio* para el tratamiento directo de los minerales de oro y plata a partir de la *amalgamación* con mercurio en La Purísima Grande, Hidalgo, lo que motivó la construcción de *haciendas de beneficio*, este proceso significó un gran aporte para la reducción de costos además de ser el reemplazo del tratamiento por fundición directa (casi dos siglos después de introducido este proceso se sustituyó también la fuerza humana por mulas y caballos en la formación de tortas de mineral molido, mercurio y sulfato de cobre). El tipo de minado comenzó a diversificarse, inicialmente en Guanajuato, Guanajuato, al encontrarse una veta madre en la que se inició el minado por tajo abierto en los afloramientos de un par de minas. De esta forma, también iniciaron trabajos de mayor escala en nuevos distritos mineros como en el inaugurado Real del Monte, Hidalgo, así mismo los descubrimientos continuaron hacia Durango, en donde surgió la mina Cerro del Mercado, la cual dio pie a la fundación de la ciudad de Durango, en Querétaro por la plata y el plomo se originaron nuevos pueblos mineros, mientras que se descubría oro y plata en Sinaloa y sal en San Luis Potosí, a pesar de que los guachiles impedían el acceso hacia el oriente (Ordóñez-Cortés, 1986 y 2009; Coll-Hurtado *et al.*, 2002; Corona-Esquivel *et al.*, 2009; SGM, 2020b, c, d, e, f, g). Durante el siglo XVII, también destacó la aportación de Bartolomé Bravo, quien inventó una bomba para extraer el agua subterránea de las minas. Paralelamente, se utilizó la

pólvora por primera vez en la mina Cerro de San Pedro, San Luis Potosí (Ordóñez-Cortés, 1986).

La estructura administrativa sobre las nuevas minas se fortaleció en términos de títulos de propiedades mineras fomentadas por las Reales Audiencias o el Virrey en turno, lo cual provocó enfrentamientos entre diputados de minas y virreyes. Además, el fortalecimiento consistió en sumar una nueva prioridad: el desarrollo y el bienestar de la población de las nuevas ciudades mineras. Ambos reforzamientos ejecutados inicialmente en Zacatecas por su destacable desarrollo minero (Olmos *et al.*, 2013). Se lograron establecer las instituciones de la minería que servirían como bases de las instituciones actuales, en términos legales, económicos, educativos y de investigación. Se creó el *Cuerpo de la Minería de la Nueva España* apoyado en las reformas borbónicas (primera Cámara Minera Mexicana), el *Tribunal Real de Minas*, se promulgan las *Nuevas Ordenanzas de Minas*, se fundan el *Real Seminario de Minería* en la Ciudad de México y posteriormente la *Escuela para Ingeniería, Minería y Metalurgia* (Ordóñez-Cortés, 1986 y 2009; Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

Se fundaron nuevos reales de minas en Chihuahua, con su respectiva ciudad. En Michoacán incrementaron las exploraciones y las producciones de oro y plata hasta desarrollar otro real de minas. Hubo descubrimientos de minas de plomo-zinc en Nuevo León y otro de oro y plata sucedió en un nuevo distrito minero ubicado en Veracruz (Coll-Hurtado *et al.*, 2002; SGM, 2020h, i, j), mientras que en el siglo siguiente ocurrieron las famosas fiebres de oro y plata de la Cieneguilla, Sonora. Las expediciones mineras llegaron hasta Baja California Sur (bcs noticias, 2014) y el desarrollo de las ciudades mineras se fortalecía con la construcción de sus iglesias; la primera fue la *Iglesia de Santa Prisca* en Taxco, Guerrero, acción que reflejó el poder de la iglesia en este periodo afianzado con la llegada de la inquisición en 1646, lo que afectó seriamente a algunas operaciones mineras (Ordóñez-Cortés, 2009).

Concerniente a los desastres mineros se tienen los primeros reportes entre el siglo XVII y el XVIII. En 1630, en la mina Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, el apogeo minero se vio entorpecido por las condiciones de explotación y las características geológicas que causaron hundimientos y llevaron al abandono del pueblo (Martínez *et al.*, 2010). El siguiente, ocurrido en 1649, correspondió a una inundación en una de las minas de Guanajuato (Ordóñez-Cortés, 2009). Nuevamente en San Luis Potosí, se reportó que “una tromba inundó todas las minas que estaban en operación por este año y no fue sino

hasta 1743 que se hicieron nuevos descubrimientos de más de 80 minas, la mayor parte en el cerro de San Cristóbal” (SGM, 2020g: 3). En otro tema, gracias a Hausberger (1993), se sabe que a inicios del siglo XVIII se manifestaron otras expresiones de impacto ambiental, adjudicadas al tratamiento de los minerales, ya que en Chihuahua, en 1732, hubo protestas por parte de los habitantes hacia el regidor, en las que exigían el cese de la construcción de nuevas fábricas que para ellos representaba una amenaza debido a la cercanía con sus asentamientos y los daños a la salud que el polvo pudiera ocasionarles, entre otras afectaciones; sin embargo, las leyes de protección de las minas de aquel tiempo no contemplaban estas situaciones. Otro suceso que se conoce poco, ocurrido en 1764, es el de unos vecinos de Pachuca que presentaron daños a la salud supuestamente ocasionados por el humo de los hornos de fundición de su vecino Pablo Aparicio, así como la muerte de algunas gallinas y otros animales domésticos y la contaminación del río por los desechos de la producción; en este caso las autoridades sí obligaron al responsable a retirar sus hornos y a remediar los daños ocasionados (Hausberger, 1993).

Como Alexander Von Humboldt aseveró en su ensayo político, en este periodo la Nueva España se dividió en doce provincias, subdivididas en 37 distritos mineros en los cuales se tenían 3000 minas, agrupadas dentro de 500 campos mineros (Ordóñez-Cortés, 1986: 21). Cifras que evidencian el crecimiento de la minería como la actividad protagonista del periodo colonial, en donde las consecuencias favorables y desfavorables se presentaron por primera vez. En materia ambiental, se introdujeron nuevas formas de transformación del espacio, ya que las minas y sus haciendas de beneficio, provocaron la modificación del paisaje por la deforestación y el cambio en el uso de suelo, expulsaron sus desechos al ambiente, generaron contaminación en el aire y en los ríos y por el polvo ocasionaron daños a la salud. Se desataron conflictos mineros por el desplazamiento o despojo de los pueblos indígenas, originarios, y se propiciaron las primeras huelgas por conflictos laborales, títulos de propiedad y denuncias ambientales relacionados con la minería. Entre otros casos también se reflejó el poco control de ciertas minas subterráneas ante fenómenos naturales, evidente en las inundaciones y hundimientos. Entre los beneficios destacó el impulso de la minería como una actividad económica primordial, se logró la bonanza minera, se construyó infraestructura en las ciudades mineras y en algunos casos se buscó el bienestar de su población. También, se entablaron las bases legales, administrativas y educativas de la minería.

2.3. Primer declive de la minería durante la Guerra de Independencia (1810-1821)

El panorama cambió negativamente desde que se declaró la *Guerra de Independencia*, la recuperación de esa bonanza minera se consiguió años después de concluida la guerra. La minería que hasta entonces había sido dominada por los españoles por más de tres siglos se vio perjudicada. Según Ordóñez-Cortés (2009), de la extracción de minerales de sus instalaciones se financiaban los ejércitos hasta que estas quedaban en quiebra y se abandonaban, debido a esto y por falta de mantenimiento hubo derrumbes y más inundaciones como consecuencia de una fuga de capitales al extranjero y de la escasez de los insumos para el proceso de patio. Por otra parte, asegura que algunos trabajadores de las minas se vieron motivados a participar en la lucha, razones por las cuales algunos distritos mineros importantes como Real de Catorce, San Luis Potosí y otros de Guanajuato comenzaron a decaer, entre otras minas que suspendieron labores. A pesar de la situación, este periodo también resultó clave para dar forma al siguiente con la entrada de capital extranjero como el inglés, el francés y el norteamericano, con el pretexto de hacer resurgir a las actividades mineras de los distritos más importantes anteriormente mencionados, hasta lograr nuevamente la bonanza minera.

Una de las aportaciones más destacables del capital inglés en Real de Catorce fue la instalación de la primera *caldera de vapor* para desaguar las minas. En cuanto a la institucionalización de la minería, en este periodo logró culminarse el *Palacio de Minería*, al cual se trasladó la Escuela Real de Minas entre 1811 y 1813 (Coll-Hurtado *et al.*, 2002; SGM, 2020g; Ordóñez-Cortés, 1986).

2.4. Primera apertura de capital extranjero para el desarrollo nacional de la minería (Post-independiente 1821-1876)

Posterior a la Independencia de México, el país pasó por diversas crisis de identidad en cuanto a la búsqueda de su nueva forma de gobierno debatida entre liberales y conservadores, a la par de ello y debido a la decadencia minera que se vivió durante la Guerra de Independencia, en 1823, el primer *Congreso de la República* promulgó una ley que permitió a los extranjeros la adquisición de propiedades mineras mexicanas (Ordóñez-Cortés, 1986:22), de acuerdo con Coll-Hurtado *et al.*, (2002:34) “se autorizó la entrada de capitales extranjeros para llevar a cabo obras de rehabilitación y exploración de viejas minas” del periodo pasado. Esta acción aseguró la formación de nuevas compañías de capital extranjero, primeramente se formó una compañía británica que en conjunto con otras comenzaron a adquirir algunas minas antiguas; Ordóñez-Cortés (1986)

asegura que la *Compañía Mexicana* adquirió las minas de Veracruz. En cuanto a la estructura legal, El Tribunal de Minería se sustituyó por una *Junta* o *Comisión de Minería*. Gracias a estos cambios, la minería se reconfiguró con altas y bajas debido a la inestabilidad política que influyó en el nivel de la explotación minera. En 1857, se declaró suprema y de aplicación general la *Ley Federal de Minas* (Ordóñez-Cortés, 1986:25), sin embargo por el carácter liberal de la Constitución no se tuvo claro el compromiso federal ante esta actividad, por lo tanto se delegó a los mandatos estatales.

De los nuevos descubrimientos se destacó el del carbón en Coahuila, asimismo, aumentó el interés por mantener como minas más importantes a las de Zacatecas, Guanajuato, Real del Monte, Hidalgo y Real del Catorce, San Luis Potosí (SGM, 2020 a, c, d, g, k).

Finalmente, para 1875, el periodo culminó con el hallazgo del petróleo por parte de Ildelfonso López, en las chapopoterías de Soto la Marina, Tamaulipas (CAMIMEX, s.f.). Paralelamente, por primera vez son usadas las *máquinas de perforación* para las minas de Real del Monte, Hidalgo (Ordóñez-Cortés, 1986).

2.5. Protagonismo de las inversiones extranjeras en la minería durante el Porfiriato (1876-1910)

Con la apertura de las inversiones extranjeras las innovaciones metalúrgicas continuaron, se implantó el *aire comprimido* en Real de Catorce, San Luis Potosí y, en 1895, se introdujo el tratamiento de minerales de oro y plata por el *método de cianuración* (Ordóñez-Cortés, 1986; Coll-Hurtado *et al.*, 2002: 39 y 40). Además durante esta etapa se incorporó el ferrocarril como una innovadora vía de comunicación para el país, suceso que significó un gran avance en la comunicación entre distritos mineros, además de facilitar el transporte de personal, materiales, productos, etc. Un ejemplo de ello fue la conexión de las minas sonorenses Cananea, Sonora, con los distritos mineros norteamericanos y su mercado (Atlas de Sonora, 1993). Aunado a esas aportaciones, la llegada de la energía eléctrica también fue clave para el desarrollo de la infraestructura minera. Con este nuevo impulso, se desarrollaron nuevos centros urbanos lo que permitió dar el paso de ciudades mineras a ciudades industriales. Con este cambio industrial, la minería creció en sus instalaciones, sus asentamientos y su producción y como consecuencia las modificaciones al paisaje también (Coll-Hurtado *et al.*, 2002) y a mayor escala.

Por la utilidad que el cobre representaba para el desarrollo de la electricidad en el mundo, a partir de 1880, este metal tomó gran relevancia en el norte del país, inicialmente en Sonora, incluso por encima de los metales preciosos como el oro y la plata que hasta entonces habían dominado la industria minera. A pesar de ello, este par de metales se siguieron explotando por el minado de placer (Taylor, 2008). A fines de siglo también inició la producción de antimonio en San Luis Potosí (Ordóñez-Cortés, 1986).

Esta apertura de inversiones se reforzó en el marco legal entre 1884 y 1885, pues la legislación minera pasó a ser en su totalidad ley federal. “Al promulgarse la nueva ley minera [...], se eliminó la propiedad estatal del subsuelo, permitiéndole su manejo a las compañías mineras extranjeras, principalmente (Burnes, 2006, citado por Olmos *et al.*, 2013), por otra parte se promulgó “un código minero de la República, restableciendo el control federal sobre las minas (excepto depósitos de carbón y petróleo)” (Ordóñez-Cortés, 1986:27). Esto significó el inicio de la liberalización de leyes, las cuales le facilitaron a los capitales nacionales y extranjeros el inicio de operaciones mineras y el aumento de su producción (Ordóñez-Cortés, 2009). Lo que también provocó una “lucha entre los capitales de distintas naciones, Gran Bretaña, Francia, Alemania, de la que salió victoriosa la gran potencia industrial del siglo XIX: Estados Unidos” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

Con el fomento de estas inversiones, en 1887, con capital norteamericano y alemán, se fundó la *Compañía Minera de Peñoles* en Mapimí, Durango, con una compañía subsidiaria, la *Mexican Metal Co.*, que en poco tiempo, ya controlaba minas en Sonora, Durango, Chihuahua y Nuevo León. Tres años después se fundó ASARCO, empresa señera de los estadounidenses Guggenheim, quienes empezaron en Monterrey para crear “una serie de empresas para exploración, explotación y beneficio de minerales”. Los descubrimientos volvieron, ejemplo de ello los fosfatos en Mazapil, Zacatecas, la mina Avino, Durango, fue considerada como la mina a cielo abierto más grande del mundo en 1908 y aumentaron las compras de las minas más grandes e importantes, en su mayoría por norteamericanos, seguidos de franceses y alemanes, quienes se abrían cada vez mayor camino en el país (Coll-Hurtado *et al.*, 2002: 39 y 40; AVINO, s.f.).

Finalmente, a inicios del siglo XX, se implementaron nuevas instituciones para el aprovechamiento de los minerales y los hidrocarburos nacionales en términos industriales, los ministros de Hacienda y Promoción, José Yves Limantour y Manuel Fernández Leal,

formaron la *Comisión Geológica para la Evaluación del Potencial Petrolero*, nombrando a Ezequiel Ordóñez-Cortés como jefe de la Comisión y un año después se funda la *Cámara Minera de México* (primera cámara de industriales del país) (Ordóñez-Cortés, 1986:28 y 29).

Para 1905, en San Luis Potosí circunstancias como la inundación de algunas minas y la incosteabilidad de los métodos tradicionales dieron pie a la decadencia de Real de Catorce (SGM, 2020g), hecho que evidenció, nuevamente, la vulnerabilidad de la infraestructura minera ante fenómenos naturales como las lluvias. Por otra parte, de las últimas innovaciones del periodo, destaca la de 1908 con la introducción del *proceso de flotación* de minerales en una planta de Parral, Chihuahua. Para entonces, Real del Monte contaba con la hacienda de beneficio de cianuración más grande del mundo. En 1910, este aporte llevó a un auge minero evidenciado en las 31,988 concesiones mineras “con una extensión de 450,371 hectáreas y 6,987 minas activas” (Ordóñez-Cortés, 1986:30). Cifras que muestran que la minería se recuperó en este periodo de desarrollo eléctrico y se posicionó dentro del ámbito industrial y mundial, gracias a su potencial minero estratégico para la inversión de capitales en la infraestructura minera y el apoyo de nuevos métodos de procesamiento de minerales con exigencias de mayor escala. Sin embargo, estos procesos de flotación y cianuración, a pesar de facilitar los procesos de beneficio, significaron un incremento en la generación de residuos que añadieron otros tipos de compuestos químicos al aire, desprendidos de las presas de jales donde se efectuaban (Arvizu, 2018) y por ende los impactos ambientales incrementaron.

2.6. Segundo declive de la minería durante la Revolución Mexicana (1910-1917)

Como sucedió en la Guerra de Independencia, la Revolución Mexicana significó otro periodo de decadencia para la minería, que de la misma forma se encontraba en una situación de gran auge aunque esta vez a manos de nuevos capitales extranjeros como el norteamericano, principalmente. La actividad minera de Guanajuato, Sinaloa y San Luis Potosí fue casi nula, en este último la única actividad minera fue llevada a cabo por pequeños grupos de gambusinos (SGM, 2020d, f, g). Debido a la lucha armada, las consecuencias fueron parecidas a las del periodo de la Guerra de Independencia, aunque esta vez también se hicieron presentes las afectaciones en la infraestructura ferroviaria, principalmente del norte del país y como la Revolución coincidió con otros conflictos internacionales, se dificultó el desarrollo del nuevo método de flotación por la importación de sus equipos costosos (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:41).

A diferencia del primer declive, esta vez la minería fue un factor importante para que la población se levantara en armas debido a la explotación laboral que experimentaban algunos trabajadores mineros, razón que motivó diversas huelgas en las que se exigieron mejores condiciones de trabajo y mejores sueldos, ya que las mejores oportunidades laborales eran otorgadas a los trabajadores extranjeros. Las huelgas más significativas fueron la de Cananea, Sonora y la de Río Blanco, Veracruz, en 1906 y 1907 respectivamente. Entre otros intereses se buscó legalizar la participación del capital extranjero en el país (Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

Estos disgustos laborales dieron origen al *Sindicato Minero Mexicano* en 1911; precursor indirecto del actual Sindicato Minero, un año después se creó el *Instituto Mexicano Minero y Metalúrgico* compuesto por mineros, tanto mexicanos como extranjeros (Ordóñez-Cortés, 1986) y además se promulgó el *Reglamento de Policía Minera y Seguridad de las Minas* que estuvo vigente hasta 1967 (Ordóñez-Cortés, 2009).

La llegada de Venustiano Carranza a la presidencia en 1914 y el gran conflicto internacional correspondiente a la Primera Guerra Mundial comprendida entre los años 1914-1918, conllevaron cambios en la minería nacional, según Ordóñez-Cortés (2009):

Por resolución del Presidente Venustiano Carranza, el Poder Ejecutivo anula retroactivamente un gran número de las Actas y Decretos de la Secretaría de Fomento. Consecuentemente, mucha reglamentación relacionada con minas fue anulada de repente; esta acción precipitada fue muy dañina para la actividad minera durante varios años (p.20).

2.7. Reconfiguración del uso de las concesiones y los recursos naturales nacionales (Post-Revolucionario 1917-1961)

Aún en el periodo revolucionario, en 1917 “el Artículo 27 Constitucional establece el principio del inalienable dominio del Estado sobre el subsuelo y del concepto de la concesión federal para obtener derechos mineros”. Además en la Constitución se tomaron en cuenta algunas peticiones provenientes de las inconformidades de los trabajadores mineros de Sonora (Atlas de Sonora, 1993). Paralelamente se fundó la *Secretaría de la Industria, Comercio y Trabajo* con los *Departamentos de Minas y Petróleo* (Ordóñez-Cortés, 1986:30).

Después de que la minería nacional resultó ser afectada durante la revolución, fue complicada su recuperación, ya que diversos sucesos de índole internacional limitaban

este hecho además durante este periodo ocurrió el primer boom petrolero en México, el cual tuvo una duración aproximada de seis años, desde 1920 hasta 1926. En este último año, la minería nacional nuevamente se configuró, con la promulgación de la *Ley de Industrias Minerales* y la *Ley sobre el Impuesto Minero*; las disposiciones otorgaron un límite de 30 años de vida de la concesión minera; además, se exigió como requisito, un mínimo de producción para evitar el decomiso de la propiedad, razón por la cual muchas propiedades en desarrollo no pudieron producir y se perdieron (Ordóñez-Cortés, 1986). Otra reivindicación fue la que pidió la Secretaría del Trabajo al obligar a las compañías mineras a realizar campañas de seguridad en el laboreo minero, lo que logró que se redujeran drásticamente los accidentes en las minas. Del mismo modo, se consiguió un incremento en la ocupación de técnicos y profesionistas mexicanos (Sariego *et al.*, 1988, citado por Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

La gran crisis de 1929 originada en EUA, repercutió negativamente en la minería nacional, para entonces “el complejo minero-metalúrgico serrano constituía no solo el principal eje de la acumulación de capital a escala regional, si no el centro mismo de la articulación del poder político y el escenario fundamental de la trama social” (Ordóñez-Cortés, 2009:397) por el auge de las minas de cobre. Por lo tanto, las secuelas de esta crisis, “fueron devastadoras para la minería sonoreense. La recesión de la economía estadounidense significó una drástica disminución de su demanda de metales industriales y obligó al gobierno norteamericano a aplicar severas medidas proteccionistas” (Contreras, 1987:11). A finales de la década siguiente, la situación para la minería nacional se mostró irregular debido a la ocurrencia de una Segunda Guerra Mundial entre los años 1939-1945, en los que no se logró alcanzar la producción acostumbrada. De acuerdo con Bracamonte, *et al.*, (1997):

El sector minero había sido desplazado de su papel protagónico, y se iniciaba un periodo que se extendería por más de 30 años, durante el cual su desempeño no tuvo el vigor de antaño y la agricultura se convirtió en el centro de gravitación de la economía (p.46).

Tal fue el caso de Sinaloa, donde se desarrolló el sistema de riego (SGM, 2018). Por ende los precios de los minerales se fueron a la alza como el plomo, zinc y cobre (Ordóñez-Cortés, 2009). No obstante, el incremento de la producción de la industria bélica norteamericana fue motivo de un tratado entre México y EUA, en donde se acordó la venta de todos los minerales estratégicos que México no consumiera o enviara a sus

aliados, gracias a esto surgió *Altos Hornos de México* en Monclova, Coahuila, por lo que la explotación de las minas de hierro y carbón cobraron un impulso notable (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:44). Con esto, fue posible un nuevo auge solo en estas minas del norte, motivo suficiente para expandirlas como sucedió en 1944 con la apertura del primer tajo a cielo abierto de gran escala en México en la mina Cananea, Sonora (Ordóñez-Cortés, 1986).

Sin embargo, en el periodo post-guerra la caída fue inevitable durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, ya que en su mandato retiró la inversión extranjera a causa de una política nacionalista (Bracamonte, *et al.*, 1997). En este periodo se reforzaron los sindicatos y las asociaciones mineras, además se formó la *Comisión de Fomento Minero* como una agencia federal para promover a la minería y se creó el *Consejo de Recursos Naturales No Renovables* “con el fin de coordinar y dirigir los estudios geológicos y de prospección que se hicieran en el país. Ese mismo año se ampliaron las reservas nacionales” (Ordóñez-Cortés, 1986; Coll-Hurtado *et al.*, 2002).

En términos de impacto ambiental, destacan Peña Colorada, Colima-Jalisco, que desde 1920 fue partícipe de un despojo paulatino a la comunidad nahua de esta región (Salazar, 2013) y las minas Santa María de la Paz, San Luis Potosí y Molango, Hidalgo que desde 1927 y 1960 respectivamente desataron efectos negativos al medio ambiente (Noyola, 2006; Salazar y Rodríguez, 2015).

2.8. Mexicanización y fomento de la legislación laboral y ambiental de la minería (1961-1982)

Con los antecedentes de las nuevas políticas y estrategias de promoción de la minería nacional, en la década de los sesenta se propone una *mexicanización de la minería*. Las leyes de mexicanización minera durante el periodo de Adolfo López Mateos, señalaron que “toda empresa dedicada a la explotación o beneficio de minerales en el país debía contar con una participación mayoritaria de capital mexicano: cuando menos el 51% del total” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:45), lo que orilló a la mexicanización de empresas como Peñoles, ASARCO y Frisco, todas de inversionistas privados. Esta acción permitió la recuperación y el auge nacional de la actividad minera que en 1975 se reforzó con la promulgación de la *nueva Ley Minera* durante el mandato de Luis Echeverría (Ordóñez-Cortés, 2009). Gracias a este hecho, nuevamente se incrementó la participación estatal y la participación de capitales extranjeros se vio limitada, a pesar de ello destacaron las inversiones japonesas sobre todo en los depósitos de sal de la mina Guerrero Negro, Baja

California Sur (Coll-Hurtado *et al.*, 2002). Dentro de las innovaciones metalúrgicas de este periodo llegó a México el *método eléctrico de polarización inducida* (Ordóñez-Cortés, 1986).

En términos de impacto ambiental nuevamente la mina Peña Colorada, Colima-Jalisco, en la década de los sesenta continuaba en problemas con las comunidades indígenas (Salazar, 2013). Para 1980, la mina de Cananea, Sonora, se planteó nuevamente la expansión y con ello el uso de lixiviación y electrólisis, a su vez incrementaron los problemas de contaminación y de residuos sólidos, los cuales fueron tratados por ecologistas americanos quienes se mostraron preocupados por el incremento de las emisiones de SO₂ al ambiente (Gutiérrez y Palacio, 1987). Preocupación adjudicada ampliamente y de forma general a la cuestión ambiental y al derecho ambiental, tópicos en los que se prestó una mayor atención en el mundo desde la década de los setenta. De acuerdo con el Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP, 2006), estas nuevas preocupaciones ambientales se trataron en conferencias internacionales como la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*, también conocida como la *Conferencia de Estocolmo* de 1972, en donde se estableció el 5 de junio como el *Día Mundial del Medio Ambiente* y se conformó el *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. México, no se quedó atrás y creó a la *Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente*, que inicialmente buscó atender problemas de contaminación urbana por industrias y vehículos. En cuanto a la minería aún no se esclarecían sus medidas de cuidado ambiental.

2.9. La minería en el neoliberalismo, la globalización y el compromiso ambiental (1982-2000)

Dentro de las acciones empleadas para impulsar la conciencia y el cuidado ambiental, sobre todo climático, se promulgó el *Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988*, el cual incorporó por primera vez el tema ecológico como factor de desarrollo económico y social, en “este documento se plantearon estrategias para el buen uso de los recursos naturales, el uso de tecnologías eficientes” y estrategias “para evitar el crecimiento urbano en las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey” (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:112).

Además se hicieron reformas en “los artículos 27 y 73 de la Constitución. En el primer caso se señaló la obligación del Estado para dictar las medidas necesarias para ayudar a mantener el equilibrio ecológico”, en el segundo, “se facultó al Congreso de la Unión para

legislar en materia de protección al ambiente”. Con la influencia de la agenda internacional ambiental con el *Protocolo de Montreal* para la protección de la capa de ozono, el *Protocolo de Helsinki* relativo a las emisiones de azufre, el *Protocolo de Sofía* relativo a óxidos de nitrógeno y sus efectos fronterizos, el *Convenio de Basilea* para regular el tránsito fronterizo de desechos peligrosos y la *Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, que se celebró en Río de Janeiro, principalmente; en México se estableció la *Comisión sobre Desarrollo Sostenible* (CESOP, 2006), se reforzaron las leyes en cuestiones ambientales relacionadas a la minería y se desarrolló la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)* de 1988, (Coll-Hurtado *et al.*, 2002) actualizada en repetidas ocasiones.

En términos de derecho ambiental, surgieron instituciones de apoyo como la *Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)*, el *Instituto Nacional de Ecología (INE)*, encargado de ejecutar proyectos relacionados con el ambiente y de elaborar la normatividad ambiental y la *Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)*, encargada de vigilar la aplicación de las leyes ambientales. Por otra parte, y después de una agenda internacional ambiental activa por la reciente adopción del *Protocolo de Kyoto*, relativo al cambio climático en 1998, se realizaron nuevas reformas constitucionales importantes para establecer el derecho de las personas a vivir en un ambiente adecuado, ya que era parte fundamental para el bienestar y el desarrollo económico y social. Además se reformó el *Reglamento de Aguas Nacionales*, y se expidió el *Reglamento de Impacto Ambiental* y el *Reglamento de Áreas Protegidas* (CESOP, 2006; Ordóñez-Cortés, 2009).

En cuanto al neoliberalismo y a la globalización, según lo enunciado por Coll-Hurtado *et al.*, (2002), uno de sus antecedentes principales, fue una impagable deuda externa por la cual México tuvo que aceptar las medidas impuestas por el *Fondo Monetario Internacional (FMI)* y el *Banco Mundial (BM)*. De esta manera, durante las décadas de los ochenta y noventa, el modelo neoliberal implementado se tradujo en dos procesos simultáneos y contradictorios entre sí. Por un lado, se puso en marcha una política multiculturalista que reconoció los derechos colectivos de los pueblos indígenas, pero de manera paralela, en 1992, se aprobó una contra reforma agraria, que modificó el artículo 27 que regula los regímenes de propiedad de la tierra de los pueblos indígenas y de los bienes nacionales. “Con dicha reforma se abrió la puerta a la privatización de las tierras colectivas y la posibilidad de liberalizarlas para su venta y/o establecer convenios y contratos con particulares o empresas” (Valladares de la Cruz, 2017:23).

De tal forma, en 1992, se modificó nuevamente la Ley Minera, en términos de la participación del Estado en la actividad extractiva al ceder el control de las reservas mineras y de los minerales que se consideraban estratégicos para el país a excepción de los radioactivos (Ordóñez-Cortés, 2009:25), actualmente vigente. Un año más tarde, la *Ley de Inversión Extranjera*, permitió la participación del capital extranjero hasta en un 100% (Coll-Hurtado *et al.*, 2002:48), ley que ha sido modificada a través del tiempo para definir nuevas reglas en el desarrollo de inversiones nacionales y extranjeras. Se explica que dicha ley abre a los inversionistas extranjeros oportunidades de exploración y explotación de los minerales al establecer que estas actividades podrán ser realizadas por personas físicas de nacionalidad mexicana, comunidades agrarias y “sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas”, en el artículo 10 y en el 11. Otro elemento importante que se modificó fue la duración de las concesiones: las de exploración duran seis años y son improrrogables, mientras que las de explotación tienen una duración de 50 años y pueden ser prorrogables, según el artículo 15. También se declara que las actividades mineras se consideran como actividades de utilidad pública, lo que implica que tienen preferencia sobre otros usos de suelos, según el artículo 6, con base en lo anterior, existe la posibilidad de que el propietario de una tierra tenga que acudir ante una Corte para evitar que algún grupo minero afecte su propiedad, pues el otorgamiento de concesiones mineras es facultad del gobierno federal (Estrada, 2001, citado por Olmos *et al.*, 2013).

Aunado a esa nueva legislación, en 1992, México, EUA y Canadá finalmente firmaron el *Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)*, acuerdo en el cual se establecieron las bases para el inicio de una nueva etapa en la que se fomentaría abiertamente la entrada a empresas transnacionales. Pero no sólo eso, Cañedo *et al.*, (s.f.) aseguran que esto permitió explotar y sacar los minerales del país con amplias facilidades fiscales, administrativas y operativas e incluso con muy bajo o nulo costo por los daños sociales o ambientales provocados. Para el siguiente decenio, la política de apertura iniciada por Carlos Salinas de Gortari entre 1988 y 1994 ya había provocado un crecimiento acelerado en la minería del país. Por lo tanto, el periodo de mexicanización quedaría totalmente enterrado.

Desde entonces, América Latina se convirtió en el destino principal de la inversión minera mundial, el 82% se concentró en cinco países: Perú, Chile, Brasil, México y Colombia (Campodónico & Ortiz, 2002, citados por Martínez, 2018:9). Esto se debía a que las

inversiones y la emisión de leyes liberales, dieron lugar al aumento de las exploraciones mineras en toda América Latina, sobre todo a cargo de empresas canadienses y estadounidenses (Coll-Hurtado *et al.*, 2002), y que como aseguró Bracamonte, *et al.*, (1997:57 y 73) permitió un nuevo auge minero, parecido al de la “minería que prosperó en el siglo pasado, especializado en la explotación de metales preciosos, propiedad de inversionistas extranjeros y cuya producción estaba destinada al mercado externo”, indudablemente más moderna, “globalizada y diversificada, pero también cada vez menos mexicana”, a un ritmo más acelerado y con un extractivismo atroz.

Los contrastes comenzaron a ser cada vez más evidentes, pues a la par del incremento de las leyes y reglamentos ambientales, de acuerdo con Martínez (2018:16), también incrementaba la megaminería y con ello los conflictos mineros en México y en el resto de América Latina, registrados en el *Atlas de Justicia Ambiental Global (EJAtlas, por sus siglas en inglés)*. Por ejemplo, en algunas minas, incrementaron los registros de impacto ambiental, tal es el caso de la mina Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, en donde la población mostró oposición respecto a la explotación a cielo abierto próxima a sus asentamientos. En las minas Molango y Nonoalco, Hidalgo, se detectaron 175 anomalías en las plantas industriales clasificadas en siete rubros: agua, aire, residuos peligrosos, residuos sólidos, suelo, subsuelo y ruido, los cuales también representaban daños a la salud de la población aledaña por la exposición al manganeso y bióxido de azufre (Salazar y Rodríguez, 2015:70). En Guerrero Negro, se registró el hallazgo de 94 tortugas muertas dentro y fuera de la laguna a causa de un derrame de salmuera (bcs noticias, 2016).

2.10. Extractivismo/ Megaminería (2000-actualidad)

A pesar del nuevo auge minero en cuanto a inversión, modernización y apertura comercial, los resultados favorecedores no fueron tan evidentes para el país como sucedió en periodos pasados, reflejados en la participación de la minería en el PIB nacional, según datos de Coll-Hurtado *et al.*, (2002):

Representó, en 1950, el 10% del total; en el año 2000 apenas llegó al 1.1%. Del mismo modo, ha disminuido el peso de los minerales en las exportaciones totales, su estructura empresarial también se ha modificado y al perderse la participación del Estado en la actividad, algunas grandes empresas nacionales y extranjeras controlan la mayor parte de la producción minera del país, tanto en minerales en bruto como en beneficiados (p.49).

Con base en lo anterior, la génesis del extractivismo atroz de la actualidad se sitúa en el aumento de los precios internacionales de las materias primas y los bienes de consumo, los cuales eran demandados por los países centrales y las potencias emergentes de inicios del 2000. Cabe resaltar que el extractivismo ha estado presente desde que la minería existe, sin embargo en este periodo sobresale ya que en las últimas dos décadas se ha hecho cada vez más evidente su impacto. Justamente en el 2000, se reportó un incremento en el número de concesiones mineras otorgadas en los países de América Latina (Svampa, 2012, cita por Martínez, 2018). Un ejemplo de ello en México es el caso de Sinaloa, que pasó de tener 892 concesiones en 385,000 hectáreas a 1,126 concesiones en 500,000 ha; es decir, paso de ocupar el 6.63% del territorio, al 8.6% (Cañedo *et al.*, s.f.).

Actualmente, la participación minera en el PIB nacional, continua muy por debajo de lo alcanzado en 1950, pues según datos de la Secretaría de Economía (2021), el sector minero-metalúrgico contribuye con el 2.4% del PIB nacional. Por el contrario, en términos de inversiones extranjeras, México es el 2do lugar con el presupuesto de explotación más alto de América Latina y “el 5to a nivel mundial de acuerdo con el informe anual S&P Global Market Intelligence”. Además los datos arrojan que este sector posee una de las ramas productivas más atractivas para la inversión extranjera directa en el país. Como puede verse, la situación no es distinta a la década de los noventa, década en que se reconfiguró el ámbito normativo para ofrecer a las empresas transnacionales “seguridad jurídica, garantía a la inversión y un clima de negocios atractivo” para institucionalizar la minería transnacional (RRI, 2013: p.41, citado por Martínez, 2018:11).

En cuanto a la legislación minero-ambiental dentro del marco normativo minero de este periodo (Figura 2.1), se impulsaron notoriamente leyes, reglamentos y nuevas normas, en términos de protección ambiental.



Figura 2.1. Marco normativo de la actividad minera

Fuente: CAMIMEX, 2014:4.

Los compromisos ambientales que se le asignan a las actividades mineras se fundamentan en la LGEEPA y en sus reglamentos y están enfocados en el impacto ambiental, en las Áreas Naturales Protegidas (ANP), en la prevención y control de la contaminación atmosférica, en las emisiones y en la transferencia de contaminantes, en la autorregulación y en las auditorías ambientales y en el ordenamiento ecológico. Como requisito, se les solicita a los responsables de la actividad minera, la realización de estudios de riesgo e impacto ambiental, en los que se incorporen las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA), donde se consideren los escenarios de riesgo e impacto, así como sus medidas preventivas y sus medidas de acción y la descripción de su entorno. A su vez, se debe considerar lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus reglamentos (CAMIMEX, 2014). En cuanto a las zonas de protección, de acuerdo con Llano (s.f.a), la LGEEPA establece:

La prohibición de cualquier tipo de aprovechamiento que altere los ecosistemas al interior de las zonas núcleo de las ANP. Mientras que en la zona de

amortiguamiento, solo en la subzonificación de aprovechamiento especial se podría considerar la extracción de recursos minerales, siempre y cuando, no se deteriore al ecosistema, no se modifique el paisaje de forma sustancial, ni se causen impactos ambientales irreversibles (p.3)

De esta forma, en la Figura 2.2, se muestra la legislación minero-ambiental principal, bajo la cual se debe regir la minería, según su fase de explotación.

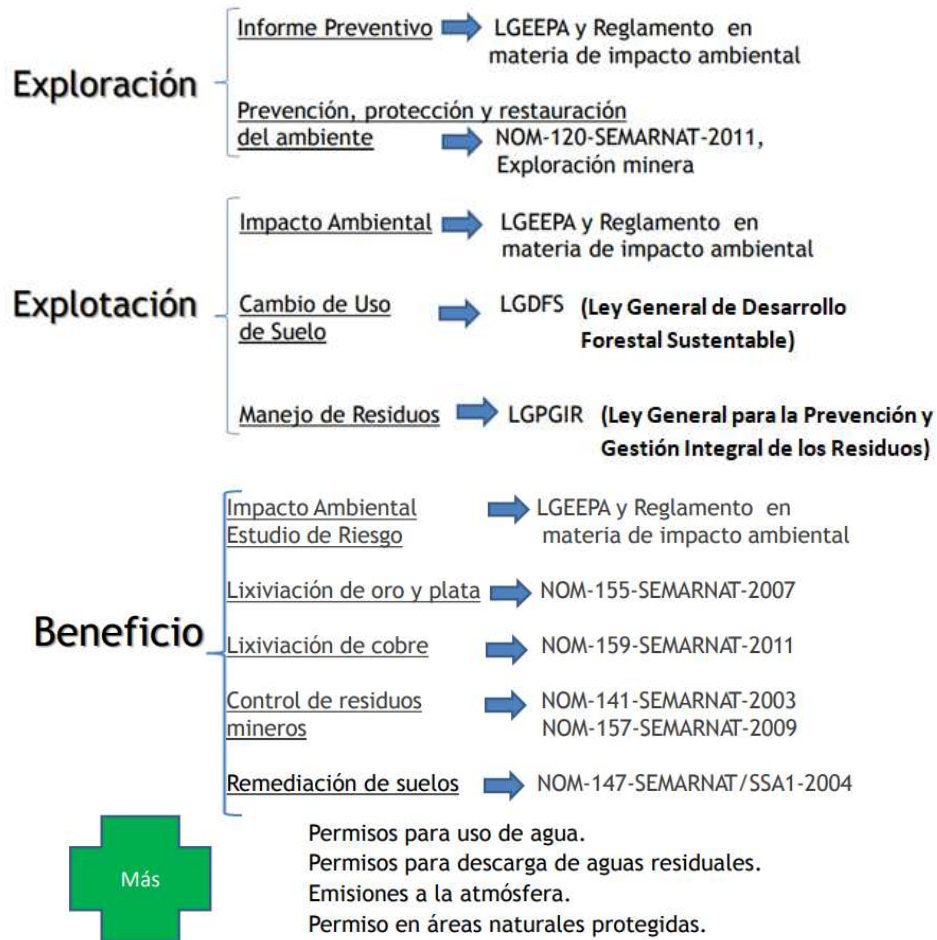


Figura 2.2. Fases de la minería y la legislación ambiental

Fuente: CAMIMEX, 2014:11 y 12.

Finalmente, las normas principales que se desarrollaron durante este periodo, según CAMIMEX, 2014, son las siguientes:

1. NOM-120-SEMARNAT-20122 de exploración minera directa.
2. NOM-141-SEMARNAT-2003 para construcción y operación de jales.
3. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para remediación de suelos.

4. NOM-155-SEMARNAT-2007 de lixiviación de minerales de oro y plata.
5. NOM-157-SEMARNAT-2009 de planes de manejo de residuos mineros.
6. NOM-159-SEMARNAT-2011 de lixiviación de cobre.
7. NMX-AA-132-SCFI-2006, de muestreo de suelos. (p.13)

Así como la NOM-023-STPS-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo orientada a la prevención de riesgos a los trabajadores mineros (DOF, 2012).

A pesar del desarrollo minero y la legislación minero-ambiental, el abandono de minas en México se convirtió en un problema severo y poco estudiado, “hasta el año 2001 no existía un solo caso documentado de cierre planeado de minas que hubieran concluido su ciclo productivo, ni ante las autoridades mineras, ni las ambientales” probablemente a causa de la carencia de instrumentos de regulación y control específicos para estas situaciones (Quintero Ruiz, 2001, citado por Olmos *et al.*, 2013). Un ejemplo de cierre planeado, es el de la mina El Sauzal, Chihuahua, al ser “la primera mina en México que desde el comienzo recibió la certificación de cumplimiento pleno del ICMC” en 2008; para 2015, Goldcorp anunció que dicha mina se daba de baja de forma exitosa, convirtiéndose en la primera en el mundo en darse de baja, de conformidad con el Código Internacional para el Manejo de Cianuro (ICMC, por sus siglas en inglés), las “actividades de clausura que se implementaron en la mina lograron mitigar con éxito las instalaciones de cianuro anteriores, de modo que el ICMC ya no se puede aplicar”, en este caso el ICMC, es un programa voluntario encargado de promocionar el manejo responsable del cianuro en las empresas involucradas en la producción de oro mediante el uso del cianuro, desarrollado en el marco del PNUMA para proteger la salud humana y el medioambiente (Minería en línea, 2016). Aunado a ello, otro problema dentro de la minería mexicana desde entonces ha sido el crimen organizado, tal como sucedió en 2008 con la guerra entre cárteles en Sinaloa durante un año, donde ya se tenían concesionadas poco más de un millón de hectáreas distribuidas en 1,317 títulos; posteriormente, Sinaloa se recuperó en 2015 y alcanzó el pico más alto hasta entonces con 1,951 concesiones y cerca del 30% del territorio de la entidad (Cañedo *et al.*, s.f.)

Otro problema severo de este periodo fue el aumento en los impactos y desastres socio-ambientales por la minería, pues en éste, se encontró la mayor cantidad de registros al respecto. Desde 2005 hasta 2014, la actividad de la mina Mulatos, Sonora, ocasionó la destrucción de algunas viviendas por las explosiones y voladuras, las nubes de polvo

contaminaron el ambiente, los desechos tóxicos contaminaron al río Yaqui y en la población se presentaron algunos daños a la salud, por lo que se recomendó abandonar el pueblo, situación que sucedió nuevamente en 2016 (NO A LA MINA, 2014 y 2016).

En 2006, iniciaron los problemas con la mina Peñasquito, Zacatecas, por el despojo de ejidos y desplazamientos forzados y el agotamiento del agua; desde 2012 hasta 2017, se removieron 396 millones de toneladas de material rocoso, lo que repercutió en la contaminación del suelo y aire por la transmisión de polvo con contenido de metales pesados y cianuro, además se generaron enfermedades de la piel y crónico degenerativas, así como la muerte de ganado y la pérdida de cosechas (Uribe y Rodríguez, 2019); en 2019, se tomó y se cerró la mina para exigir la restitución de un manantial que supuestamente secó la mina, así como la reparación de los daños ecológicos y de salud, de infraestructura, de abastecimiento de agua y la generación de empleos (Narro, 2019). También en 2006, la mina Santa María de la Paz, San Luis Potosí, fue acusada por la contaminación de cuerpos de agua subterráneos, del suelo y del aire en época de vientos, debido al arrastre de jales desde las presa hasta los arroyos, su acumulación en la parte baja y la disolución de los metales pesados en el agua, concentraciones que representaron un riesgo para la salud de la población y la biodiversidad (Knauthe, 2004, citado por Noyola, 2006).

En este año, también se registró un desastre minero importante ocurrido en la mina Pasta de Conchos, Coahuila, a causa de un derrumbe en la mina por la acumulación de gas grisú, suceso en el que fallecieron 65 mineros y cuyos cuerpos no se recuperaron, supuestamente, por el riesgo del rescate. De acuerdo con Napoleón Urrutía, ya habían reportes de fugas de gas, por lo que se entiende que el desastre pudo evitarse (La Redacción, 2006).

Desde 2007 hasta 2010, la mina de Cananea, Sonora, enfrentó una huelga por las malas condiciones de seguridad e higiene con riesgo de desastre (Toscana y Hernández, 2017), a raíz de la huelga la empresa cambió su razón social a Buenavista del Cobre para reiniciar funciones, acción que dejó a sus trabajadores sin empleo y sin liquidación para dar paso a nuevos trabajadores no originarios de la ciudad de Cananea (Cárdenas, 2019); para 2014, fue artífice del desastre socio-ambiental más grande del país debido al derrame de 40 millones de m³ “de sulfuro de cobre acidulado y otros metales pesados a los Ríos Bacanuchi y Sonora, que afectó a siete municipios del estado de Sonora, denominado como una catástrofe ecológica por parte de la minera Grupo México”

(Lammers, 2014:31), en la actualidad el conflicto minero continúa. A su vez en 2007, en la mina Ocampo, Chihuahua, ocurrió un bloqueo por parte de la población aledaña para exigir la reparación de daños por las hectáreas de bosque que fueron arrasadas, la muerte de ganado y venados por la contaminación de arroyos y montes, entre otros daños como las cuarteaduras de sus viviendas (Breach, 2007); para 2012, se registró otra queja por parte de la población debido a un derrumbe en la mina, de la que resultaron dos personas heridas y una muerta, los habitantes adjudican el accidente a las fallas en las medidas de seguridad; en 2019, la preocupación de la población aledaña se desató por el hundimiento de algunas de sus viviendas debido a que un cerro se vino abajo, a pesar de ello, ni las autoridades ni la minera atendieron la emergencia de fondo, ya que en esos casos solo han llegado a reubicar a algunos habitantes en la periferia del pueblo, nuevamente en condiciones poco favorables (Mayorga, 2019). En el caso de la mina Dolores, Chihuahua, se dice que desde 2007, los ejidatarios fueron víctimas de despojos al grado en que su seguridad se vio amenazada; en 2010, se denunciaron los derrames de cianuro de sodio en las lagunas de lixiviación, de los cuales PROFEPA aseguró que no había daño ambiental; en 2013, denunciaron un nuevo derrame de cianuro, razón por la cual la población volvió a ver su seguridad amenazada; finalmente en 2018, esta mina tuvo que cerrar momentáneamente debido a la presencia del crimen organizado (OCMAL, s.f.a).

En 2008, al poco tiempo de construida la mina Palmarejo, Chihuahua, la población se quejó por la contaminación, el tráfico pesado que destruyó las calles y el abuso laboral (Breach, 2008). Mientras que en la mina Peña Colorada, Colima-Jalisco, El Tribunal Latinoamericano del Agua, “emitió una resolución contra las autoridades mexicanas por la degradación del medio ambiente en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán”; para 2012, se denunció un desastre socio-ambiental a causa del rompimiento de las cortinas contenedoras de los lodos y residuos tóxicos de la mina, lo que causó inundaciones de las viviendas, cultivos y corrales de nueve comunidades y la cuenca entera del Río Marabasco, (Salazar, 2013). También en 2008, en la mina María, Sonora, se registró un derrame de 50 mil toneladas de residuos que afectaron el cauce de un arroyo seco y provocaron la muerte de un trabajador; en 2015 volvió a derramar cerca de 180 m³ de solución gastada de cobre por una falla de bombeo que desembocó en el tributario El Tordillo (OCMAL, s.f.b). Por su parte, en 2008, se reportó que la mina El Ratón, Jalisco, intentó la explotación ilegal en el predio de un ejidatario en una zona nahua, razón por la que los indígenas se apropiaron de la

maquinaria, a pesar de esto se les dio la autorización y por ello en 2012 la población nahua interpuso una demanda de amparo por la violación a sus garantías individuales y sociales y a sus derechos humanos, ya que les representó una amenaza a la salud, a las fuentes de trabajo, a sus alimentos y al agua (García, 2012); esta demanda se reforzó en 2013 con un bloqueo debido a la contaminación de los mantos freáticos y los daños a la salud y a la agricultura (Santos y Partida, 2013).

Para 2009, en la mina La Herradura y en la mina Soledad-Dipolos, Sonora, hubo impacto negativo en la morfología de los terrenos y contaminación por polvo, además de descubrirse una extracción ilegal de los minerales; en 2014, se dio una sentencia de desalojo a la empresa y se le condenó a regresar los minerales extraídos de forma ilegal, así como resarcir los daños ambientales, sin embargo la Compañía Minera Fresnillo, dueña de ambas minas hizo caso omiso (OCMAL, s.f.c) y los problemas continuaron.

Para el 2013, la mina Cuauhtémoc/Paradox, Sinaloa, fue responsable de un derrame de desechos tóxicos al río, lo cual llevó al cierre de la misma (Valdez, 2015). En la mina Aquila, Michoacán, después de que la minera y la población aledaña habían establecido ciertos acuerdos, estos al no ser respetados por la minera, avivaron el reclamo del pago del daño ecológico (Martínez, 2015). En 2013, en la mina San Antonio Luz del Cobre, Sonora, se hizo uso de fuerza para entrar a un ejido a detener a 51 habitantes que exigieron a la mina reducir la contaminación del río Yaqui y aumentar el pago de arrendamiento de sus tierras (Análisis_Prodh_NSA, 2013).

En 2014, también hubo conflicto en la mina Los Filos-Bermejil, Guerrero, por cuestiones de pago y monitoreo ambiental (Ocampo, 2014). En la mina Cobre del Mayo (Piedras Verdes), Sonora, los problemas estuvieron relacionados con el agua potable indispensable para su sustento (Valenzuela, 2014). En la mina Las Truchas, Michoacán, PROFEPA canceló tres tajos de explotación por no mostrar autorizaciones en materia de impacto ambiental (NOTIMEX, 2014); para 2019, ocurrió el rompimiento de la presa y se evacuó a las familias en zonas de riesgo (La Voz de Michoacán, 2019). En la mina San Felipe, Baja California, se denunció la explotación de forma ilegal de un pozo en un área común del ejido, así como la presencia de una pirámide de desechos de tierra compactada con agua, ácido muriático y mercurio, todos nocivos para la salud (OCMAL, s.f.d).

En 2015, dentro de la mina Lluvia de Oro-Jojoba, Sonora, sucedió un derrame de entre 8 y 12 m³ de solución de cianuro, resultado de una fisura en una tubería y que finalmente fue contenida por diques (No a la mina, 2015).

En 2016, en Guerrero Negro, Baja California Sur, se informó del hallazgo de siete ballenas grises, seis ballenatos y un espécimen más, muertos en diferentes puntos de la laguna Ojo de Liebre, días después se reportaron nueve ballenas más, muertas (bcs noticias, 2016); en 2018, se acumularon 528 millones de m³ de salmuera residual para su almacenamiento, lo que representó un riesgo de derrame en la Laguna Ojo de Liebre; esto tiene su origen en 1996, año en que se habían suspendido las descargas de residuo, por lo que el almacenamiento se convirtió en la respuesta; en 2019, se buscó manejar la salmuera de acuerdo a los parámetros autorizados (Tarragona, 2020). De regreso al 2016, a la mina El Boleo, Baja California Sur, se le acusó de graves impactos al Golfo de California, de abusos a los trabajadores y de 30 tortugas muertas en la playa, para ello se pidió la confirmación de la causa (derrames de una presa de desechos) (SDP noticias, 2016). En la mina el Chanate, Sonora, ocurrió un derrame de 400 m³ de cianuro en una zona desértica por deficiencias en las medidas de seguridad y falta de mantenimiento, posterior a ello, no se aplicaron los protocolos de seguridad y se supo que la solución fue absorbida por los mantos acuíferos (Gómez, 2016). En la mina El Porvenir, Aguascalientes, se autorizó el cambio de uso de suelo forestal y la ampliación de la mina en una zona de 21 especies en peligro de extinción (Hermosillo, 2016), aunque en 2019, se aprobó la investigación de las presuntas irregularidades de operación debido a las denuncias previas y los reportes de plomo en la sangre en algunos habitantes, así como la contaminación del agua y el suelo (Romo, 2019).

En 2018, la mina La Colorada, Sonora, continuó con los explosivos que desde 2008 han acabado poco a poco con la infraestructura de las viviendas, además de generar otros problemas de contaminación por cianuro en el aire, el agua y la biodiversidad (Miranda, 2018). En la mina Álamo Dorado, Sonora, hubo una severa contaminación de arroyos, pagos sin saldar a los ejidatarios y cientos de hectáreas sin reforestar (Romero, 2018). En la mina Cieneguita, Chihuahua, ocurrió el colapso y desbordamiento de una presa de residuos que arrastró todo a su paso, incluso a los trabajadores, de los cuales se reportó una persona muerta, se dice que para entonces la mina ya había terminado su vida útil (Holguín, 2018).

En 2019, después de diversos problemas ambientales con las minas Molango y Nonoalco, Hidalgo, el gobierno decidió realizar una auditoría ambiental debido a las denuncias por contaminación del río con manganeso, lo que afectó a siete localidades indígenas (Montoya, 2019). En la mina San Juan de la Costa, Baja California Sur, se llevó a cabo el rescate de 44 personas incomunicadas en la mina debido a una inundación (Secretaría de Marina, 2019).

Finalmente en el año 2020, en la mina El Águila, Oaxaca, se le concedió a la comunidad indígena una suspensión de trabajos de barrenación, apertura de túneles y explotación de minerales, ya que están negados a las concesiones mineras otorgadas por Enrique Peña Nieto (Matías, 2020). También se registró la desaprobación por parte de la población vecina de la mina Avino, Durango, de la puesta en marcha de la presa de jales por el riesgo ambiental que les representa (El Sol de Durango, 2020). En cuanto a la mina Cerro del Gallo, Guanajuato, se encontraron inconsistencias en el documento técnico unificado presentado por la empresa y que ubicó al proyecto en áreas de uso forestal y agropecuario, para lo que se espera la restauración de los ecosistemas y la reactivación de la economía rural de los habitantes (REMAMX.ORG, 2020).

Como se ha podido observar, se tiene poca información sobre algún indicio de impacto socio-ambiental durante el periodo prehispánico por la minería, caso contrario al periodo colonial, en donde la actividad minera, en principio muy superficial y subterránea, se convirtió en el eje del desarrollo económico, social y de transformación del espacio; inicialmente por la modificación del paisaje para el aprovechamiento del recurso mineral y posteriormente con la fundación de las nuevas ciudades mineras.

No obstante, es evidente que la cantidad y la gravedad de los impactos y desastres socio-ambientales por esta actividad aumentaron aceleradamente a la par en que despuntó la minería a cielo abierto, que a pesar de que ya se practicaba en menor escala y de forma aislada, al menos a inicios (Porfiriato) y mitad (periodo Post-Revolucionario) del siglo XX, fue hasta finales del mismo, con la ejecución del TLCAN de 1994 y la apertura comercial, que las inversiones extranjeras incrementaron rápidamente, lo que impulsó la minería a cielo abierto como el método más conveniente para explotar una mayor cantidad del mineral deseado a menor costo. Y, a pesar de que la legislación minero-ambiental también se desarrollaba cada vez más, los impactos y desastres socio-ambientales en el paisaje por parte de las actividades mineras a cielo abierto como la exploración, la explotación y el desecho de sus sustancias tóxicas han sido inevitables, especialmente

desde que inició el siglo XXI, en el periodo del extractivismo y la megaminería que continua en la actualidad, situación que ha sido exhibida y denunciada, principalmente, por la población afectada, las organizaciones ambientales, la comunidad científica y los medios de comunicación.

Capítulo 3. Características geográficas de las minas seleccionadas

En primer lugar, se creyó conveniente abordar el análisis de las características geográficas de las minas desde un enfoque regional, dado que es un trabajo que involucra a todo el país, se hizo la descripción de las condiciones generales del relieve, geología, hidrología, clima, suelos, uso de suelo y vegetación, zonas de protección y asentamientos humanos, de acuerdo con el lugar de emplazamiento de las minas y con la finalidad de enmarcar los rasgos más significativos que de alguna manera reflejan la relación entre dichas condiciones con el impacto socio-ambiental provocado por la actividad minera. También se consideró necesario hacer una descripción particular para cada una de las minas, es decir, desde un enfoque local, donde a pesar de no contar con suficiente información a esta escala, se logran mostrar de manera más específica las características físicas y sociales correspondientes al entorno de cada mina, mismas que están representadas en las gráficas de barras y de pastel.

3.1. Caracterización del medio natural

Para la revisión de las características del medio natural correspondiente a las 66 minas de estudio, se utilizó información a escala 1:250,000 y 1:1 000,000, según la disponibilidad de la misma por tema. Los mapas principales tienen una escala de representación de 1:8,500,000, acompañados de un mapa auxiliar a escala 1:3,500,000.

Cabe aclarar, que tanto en la descripción, como en los cuadros y en las gráficas, se evidencia que una misma mina puede localizarse sobre diversos tipos de relieve, de geología, de suelo, etc., y no necesariamente sobre uno solo.

3.1.1. Localización de las minas seleccionadas

Las minas se distribuyen prácticamente por todo el territorio nacional (Mapa 3.1). Cuya extensión es de 1, 958,201 km², de los cuales 1, 953,128 km² son continentales y 5,073 km² son insulares. Sus coordenadas extremas son: 14°31' 9" N en la desembocadura del Río Suchiate, frontera sur con Guatemala; 32°43' 1" N, en el Monumento 206, frontera norte con Estados Unidos de América; 86°42' 6" O, al sureste en Isla Mujeres, Mar Caribe y 118°27'24" O, en la Punta Roca Elefante de la Isla Guadalupe, Océano Pacífico. Por lo tanto, sus límites colindan con Estados Unidos de América al norte, con Guatemala y Belice al sureste, con el Golfo de México y el Mar Caribe al este y con el Océano Pacífico al oeste (INEGI, 1991).

De esta distribución (Mapa 3.1), la mayor cantidad de minas se encuentran en el norte del país; 22 de ellas se concentran en Sonora; diez en Chihuahua; cinco en Coahuila; cuatro

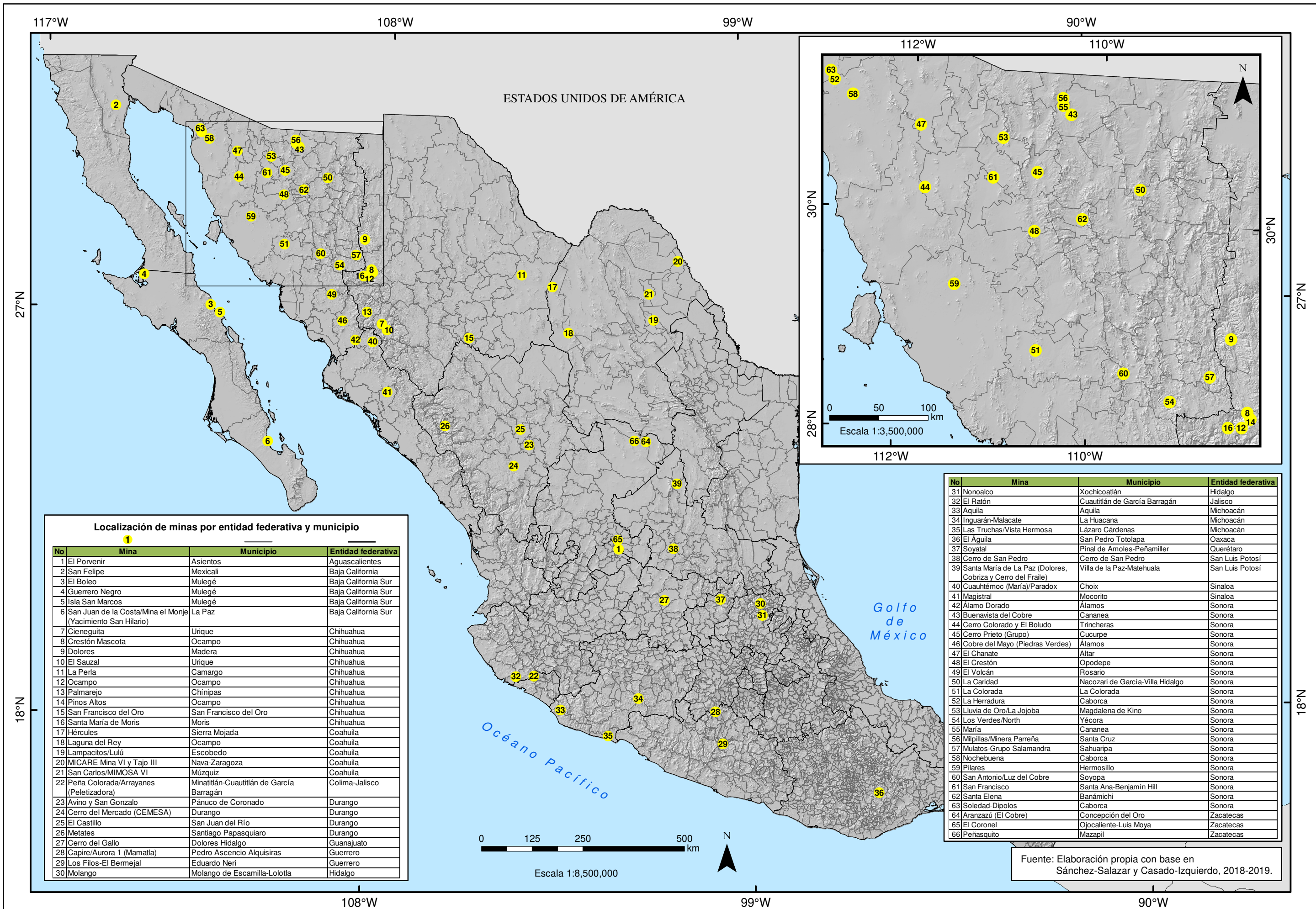
en Baja California Sur y Durango; tres en Michoacán y Zacatecas; dos en Guerrero, Hidalgo, Jalisco, San Luis Potosí y Sinaloa; y una en Aguascalientes, Baja California, Colima, Guanajuato, Oaxaca y Querétaro. No se analizaron minas en el resto de las entidades federativas del centro, de la costa del Golfo de México, de la península de Yucatán y en Nayarit. En el Cuadro 3.1, se muestra la localización de cada mina por entidad federativa.

Cuadro 3.1. Distribución de las minas por entidad federativa

Entidad federativa	No de mina	Mina
Aguascalientes	1	El Porvenir
Baja California	2	San Felipe
Baja California Sur	3	El Boleo
	4	Guerrero Negro
	5	Isla San Marcos
	6	San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)
Chihuahua	7	Cieneguita
	8	Crestón Mascota
	9	Dolores
	10	El Sauzal
	11	La Perla
	12	Ocampo
	13	Palmarejo
	14	Pinos Altos
	15	San Francisco del Oro
Coahuila	16	Santa María de Moris
	17	Hércules
	18	Laguna del Rey
	19	Lampacitos/Lulú
	20	MICARE Mina VI y Tajo III
Colima-Jalisco	21	San Carlos/MIMOSA VI
	22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)
Durango	23	Avino y San Gonzalo
	24	Cerro del Mercado (CEMESA)
	25	El Castillo
	26	Metates
Guanajuato	27	Cerro del Gallo
Guerrero	28	Capire/Aurora 1 (Mamatla)
	29	Los Filos-El Bermejál
Hidalgo	30	Molango

	31	Nonoalco
Jalisco	32	El Ratón
Michoacán	33	Aguila
	34	Inguarán-Malacate
	35	Las Truchas/Vista Hermosa
Oaxaca	36	El Águila
Querétaro	37	Soyatal
San Luis Potosí	38	Cerro de San Pedro
	39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)
Sinaloa	40	Cuauhtémoc (María)/Paradox
	41	Magistral
Sonora	42	Álamo Dorado
	43	Buenavista del Cobre
	44	Cerro Colorado y El Boludo
	45	Cerro Prieto (Grupo)
	46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)
	47	El Chanate
	48	El Crestón
	49	El Volcán
	50	La Caridad
	51	La Colorada
	52	La Herradura
	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
	54	Los Verdes/North
	55	María
	56	Milpillas/Minera Parreña
	57	Mulatos-Grupo Salamandra
	58	Nochebuena
	59	Pilares
	60	San Antonio/Luz del Cobre
	61	San Francisco
62	Santa Elena	
63	Soledad-Dipolos	
Zacatecas	64	Aranzazú (El Cobre)
	65	El Coronel
	66	Peñasquito

Fuente: elaborado con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019



Localización de minas por entidad federativa y municipio

No	Mina	Municipio	Entidad federativa
1	El Porvenir	Asientos	Aguascalientes
2	San Felipe	Mexicali	Baja California
3	El Boleo	Mulegé	Baja California Sur
4	Guerrero Negro	Mulegé	Baja California Sur
5	Isla San Marcos	Mulegé	Baja California Sur
6	San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)	La Paz	Baja California Sur
7	Cieneguilla	Urique	Chihuahua
8	Crestón Mascota	Ocampo	Chihuahua
9	Dolores	Madera	Chihuahua
10	El Sauzal	Urique	Chihuahua
11	La Perla	Camargo	Chihuahua
12	Ocampo	Ocampo	Chihuahua
13	Palmarejo	Chínipas	Chihuahua
14	Pinos Altos	Ocampo	Chihuahua
15	San Francisco del Oro	San Francisco del Oro	Chihuahua
16	Santa María de Moris	Moris	Chihuahua
17	Hércules	Sierra Mojada	Coahuila
18	Laguna del Rey	Ocampo	Coahuila
19	Lampacitos/Lulú	Escobedo	Coahuila
20	MICARE Mina VI y Tajo III	Nava-Zaragoza	Coahuila
21	San Carlos/MIMOSA VI	Múzquiz	Coahuila
22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	Minatitlán-Cuautitlán de García Barragán	Colima-Jalisco
23	Avino y San Gonzalo	Pánuco de Coronado	Durango
24	Cerro del Mercado (CEMESA)	Durango	Durango
25	El Castillo	San Juan del Río	Durango
26	Metates	Santiago Papasquiaro	Durango
27	Cerro del Gallo	Dolores Hidalgo	Guanajuato
28	Capire/Aurora 1 (Mamatla)	Pedro Ascencio Alquisiras	Guerrero
29	Los Filos-El Bermejil	Eduardo Neri	Guerrero
30	Molango	Molango de Escamilla-Lolotla	Hidalgo

No	Mina	Municipio	Entidad federativa
31	Nonoalco	Xochicoatlán	Hidalgo
32	El Ratón	Cuautitlán de García Barragán	Jalisco
33	Aguila	Aguila	Michoacán
34	Inguarán-Malacate	La Huacana	Michoacán
35	Las Truchas/Vista Hermosa	Lázaro Cárdenas	Michoacán
36	El Águila	San Pedro Totolapa	Oaxaca
37	Soyatal	Pinal de Amoles-Peñamiller	Querétaro
38	Cerro de San Pedro	Cerro de San Pedro	San Luis Potosí
39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)	Villa de la Paz-Matehuala	San Luis Potosí
40	Cuautémoc (María)/Paradox	Choix	Sinaloa
41	Magistral	Mocorito	Sinaloa
42	Álamo Dorado	Álamos	Sonora
43	Buenavista del Cobre	Cananea	Sonora
44	Cerro Colorado y El Boludo	Trincheras	Sonora
45	Cerro Prieto (Grupo)	Cucurpe	Sonora
46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)	Álamos	Sonora
47	El Chanate	Altar	Sonora
48	El Crestón	Opodepe	Sonora
49	El Volcán	Rosario	Sonora
50	La Caridad	Nacoziari de García-Villa Hidalgo	Sonora
51	La Colorada	La Colorada	Sonora
52	La Herradura	Caborca	Sonora
53	Lluvia de Oro/La Jojoba	Magdalena de Kino	Sonora
54	Los Verdes/North	Yécora	Sonora
55	María	Cananea	Sonora
56	Mipillas/Minera Parreña	Santa Cruz	Sonora
57	Mulatos-Grupo Salamandra	Sahuaripa	Sonora
58	Nochebuena	Caborca	Sonora
59	Pilares	Hermosillo	Sonora
60	San Antonio/Luz del Cobre	Soyopa	Sonora
61	San Francisco	Santa Ana-Benjamín Hill	Sonora
62	Santa Elena	Banámichi	Sonora
63	Soledad-Dipolos	Caborca	Sonora
64	Aranzazú (El Cobre)	Concepción del Oro	Zacatecas
65	El Coronel	Ojocaliente-Luis Moya	Zacatecas
66	Peñasquito	Mazapil	Zacatecas

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019.

3.1. Localización de las minas por municipio y entidad federativa

3.1.2. Relieve

De acuerdo con Lugo-Hubp (1990:82), “en el paisaje de la República Mexicana se conjugan sistemas montañosos, altiplanos, cuencas intermontanas y planicies costeras”, es decir, una gran diversidad de formas de relieve, que a su vez “son una expresión de estructuras geológicas jóvenes, con desarrollo especialmente durante el Neógeno-Cuaternario”. El autor dice que “la clasificación del relieve mexicano en grandes unidades es el punto de partida para el estudio del mismo, en su conjunto o en pequeñas porciones”, por lo tanto, para el presente capítulo, las provincias fisiográficas serán el punto de partida para la caracterización del medio natural.

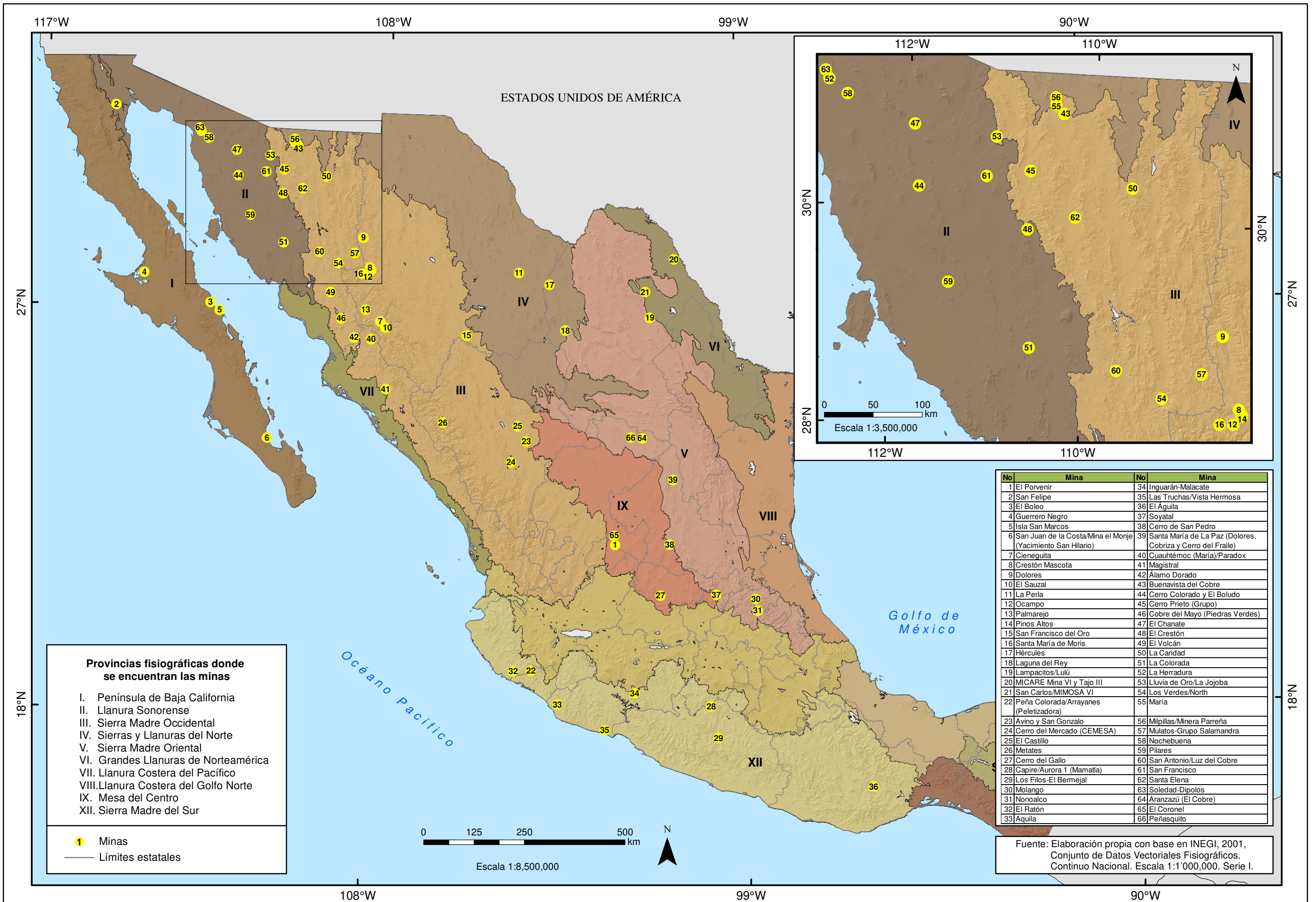
Según INEGI (2001), escala 1:1, 000,000, la República Mexicana está dividida en 15 provincias fisiográficas. Como se observa en el Mapa 3.2, las minas se distribuyen solo en diez de ellas; 28 de las minas, se localizan en la Sierra Madre Occidental; 11 en la Llanura Sonorense; ocho en la Sierra Madre del Sur; seis en la Sierra Madre Oriental; cinco en la Península de Baja California y en las Sierras y Llanuras del Norte; cuatro en la Mesa del Centro; y tres en las Grandes Llanuras de Norteamérica. En el Cuadro 3.2, se puede observar a las minas por provincia fisiográfica, en el caso de las minas San Felipe, Buenavista del Cobre, Lluvia de Oro/La Jojoba y Milpillas/Minera Parreña, que se localizan en más de una provincia fisiográfica, sus nombres aparecen dos veces, casos como estos serán muy comunes en el desarrollo del éste capítulo.

Cuadro 3.2. Distribución de las minas por provincia fisiográfica

Provincias fisiográficas	No de mina	Mina
Grandes Llanuras de Norteamérica	19	Lampacitos/Lulú
	20	MICARE Mina VI y Tajo III
	21	San Carlos/MIMOSA VI
Llanura Sonorense	2	San Felipe
	44	Cerro Colorado y El Boludo
	47	El Chanate
	48	El Crestón
	51	La Colorada
	52	La Herradura
	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
	58	Nochebuena
	59	Pilares
	61	San Francisco
Mesa del Centro	63	Soledad-Dipolos
	1	El Porvenir
	27	Cerro del Gallo
	38	Cerro de San Pedro
Península de Baja California	65	El Coronel
	2	San Felipe

	3	El Boleo
	4	Guerrero Negro
	5	Isla San Marcos
	6	San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)
Sierra Madre del Sur	22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)
	28	Capire/Aurora 1 (Mamatla)
	29	Los Filos-El Bermejil
	32	El Ratón
	33	Aguila
	34	Inguarán-Malacate
	35	Las Truchas/Vista Hermosa
	36	El Águila
Sierra Madre Occidental	7	Cieneguita
	8	Crestón Mascota
	9	Dolores
	10	El Sauzal
	12	Ocampo
	13	Palmarejo
	14	Pinos Altos
	15	San Francisco del Oro
	16	Santa María de Moris
	23	Avino y San Gonzalo
	24	Cerro del Mercado (CEMESA)
	25	El Castillo
	26	Metates
	40	Cuauhtémoc (María)/Paradox
	41	Magistral
	42	Álamo Dorado
	43	Buenavista del Cobre
	45	Cerro Prieto (Grupo)
	46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)
	49	El Volcán
	50	La Caridad
	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
	54	Los Verdes/North
	55	María
	56	Milpillas/Minera Parreña
	57	Mulatos-Grupo Salamandra
	60	San Antonio/Luz del Cobre
	62	Santa Elena
Sierra Madre Oriental	30	Molango
	31	Nonoalco
	37	Soyatal
	39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)
	64	Aranzazú (El Cobre)
	66	Peñasquito
Sierras y Llanuras del Norte	11	La Perla
	17	Hércules
	18	Laguna del Rey
	43	Buenavista del Cobre
	56	Milpillas/Minera Parreña

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2001.



3.2. Distribución de las minas por provincia fisiográfica

Las provincias fisiográficas también se clasifican en distintos sistemas de topoformas (escala 1:1, 000,000, INEGI, 2001), es decir, agrupaciones de formas de relieve similares entre sí. De manera general, como se muestra en el Mapa 3.3, las minas se distribuyen principalmente sobre los siguientes sistemas: En la provincia fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica se localizan en llanuras aluviales con lomeríos; en la Llanura Sonorense, en bajadas con lomeríos y en sierras escarpadas próximas al litoral; en la Mesa del Centro, en llanuras desérticas, lomeríos de pie de monte con y sin mesetas y en sierras bajas con mesetas; en la Península de Baja California, en sierras altas con mesetas, sierras bajas, llanura desértica con dunas y en campos de dunas; en la Sierra Madre del Sur, en sierras altas, sierras bajas, llanura de piso rocoso y en llanura costera; en la Sierra Madre Occidental, en sierras altas, sierras altas con cañones y cañadas, sierras bajas y sierras bajas con cañadas, lomeríos con valles y mesetas, meseta con cañadas, valle intermontano y en bajada con lomerío; en la Sierra Madre Oriental, en sierras altas escarpadas, bajadas, meseta, valle y en llanura desértica; y en las Sierras y Llanuras del Norte, en llanuras aluviales, lomeríos y sierras escarpadas, bajada con lomerío y en valle aluvial.

Con base en lo anterior y con la descripción más detallada de cada sistema de topoformas (Figura 3.1), se puede concluir que en su mayoría, las minas se localizan en las sierras altas, sobre todo en las sierras altas con cañones, así como en zonas de bajada con lomeríos; por el contrario, en los valles se localiza una menor cantidad de minas.

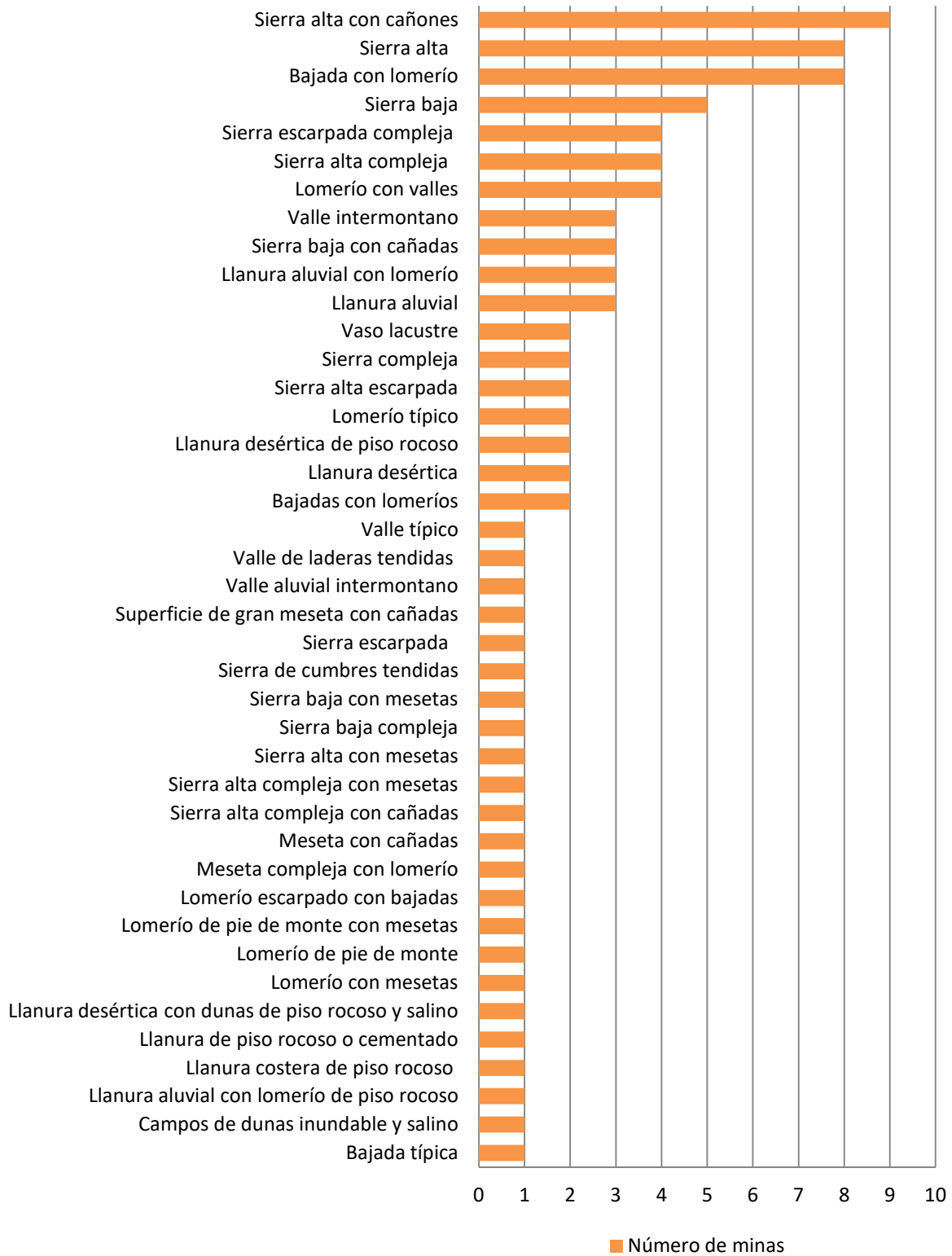
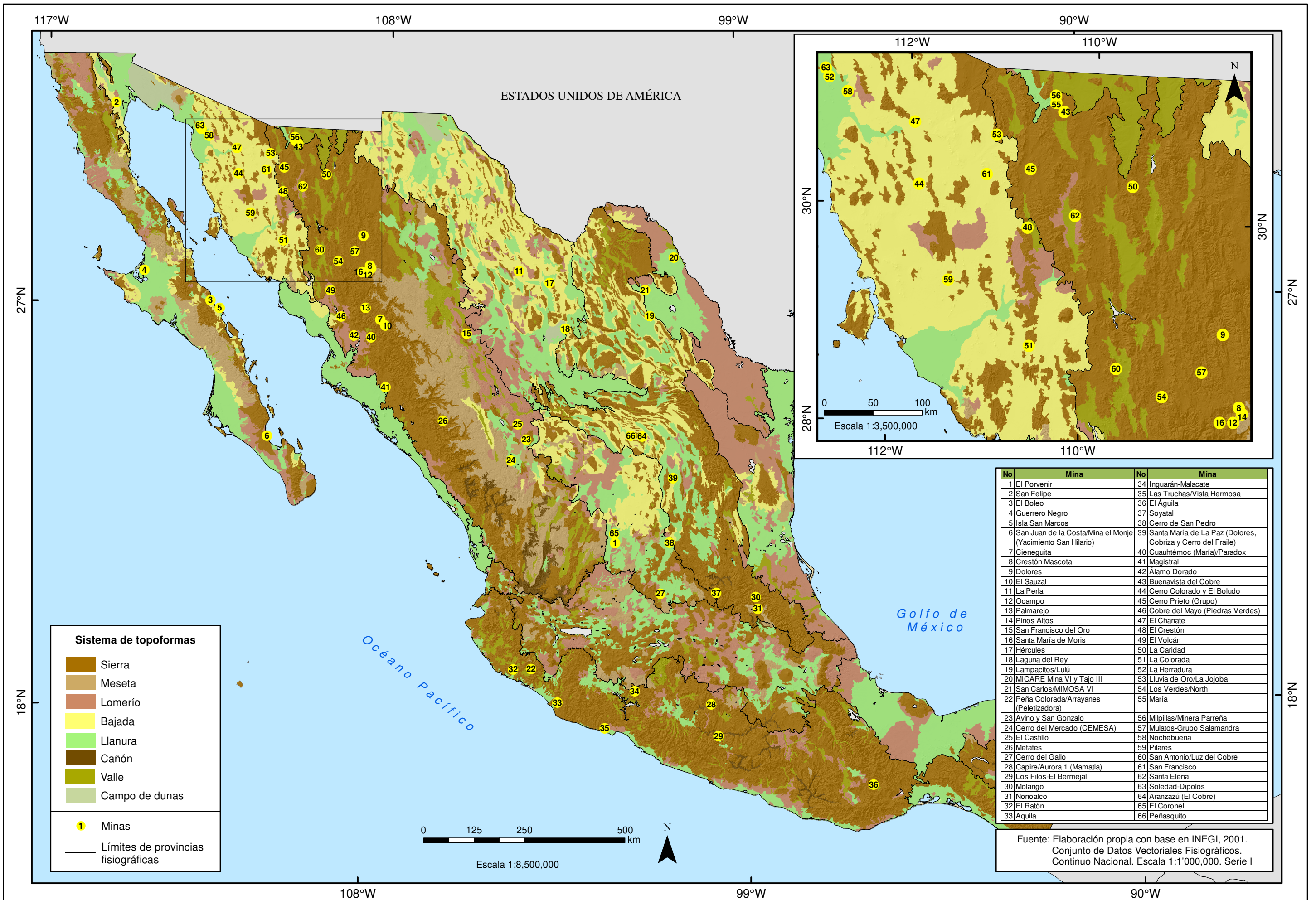


Figura 3.1. Número de minas por sistema de topoformas

Fuente: elaborado con base en INEGI, 2001.



3.3. Distribución de minas por sistema de topoformas

Hipsometría y minas

Para la gran variedad de formas de relieve que posee el territorio nacional, existe también un amplio rango de altitudes. Para ello, se utilizó información de INEGI (1993), escala 1:1,000,000 y como referencia la clasificación hecha por INEGI *et al.*, (1990-1992), la cual consta de 12 clases altitudinales; la primera con una equidistancia de 200 metros (m) y la segunda de 300 m, mientras que el resto de las clases poseen una equidistancia de 500 m, lo cual ayuda a hacer más evidente la diferencia entre altitudes, en este caso, el desnivel es mayor a los 5,000 m.

Las minas se localizan solo en siete de las 12 clases altitudinales que se utilizaron como referencia, donde el rango menos elevado en el que se ubican, va de los 0 a los 200 m, mientras que el más alto va de los 2,500 m a los 3,000 m, por lo tanto el desnivel es de 3,000 m.

En cuanto a la distribución de las minas por provincia fisiográfica y altitud (Mapa 3.4), en las Grandes Llanuras de Norteamérica, las minas se localizan entre los 200-500 m; en la Llanura Sonorense, entre los 0-1,500 m; en la Mesa del Centro, entre los 1,500-2,500 m; en la Península de Baja California, entre los 0-500m; en la Sierra Madre del Sur, entre los 0-2,000 m; en la Sierra Madre Occidental, entre los 0-2,000 m; en la Sierra Madre Oriental, entre los 500-1,000 m y los 1,500-3,000 m; y en las Sierras y Llanuras del Norte, entre los 1,000-2,000 m. La clase altitudinal en la que se localiza el mayor número de minas (Figura 3.2), va de los 500 a los 1,000 m, en las provincias Llanura Sonorense, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre Occidental, por el contrario, solo una mina se localiza entre los 2,500 y 3,000 m, en la Sierra Madre Oriental.

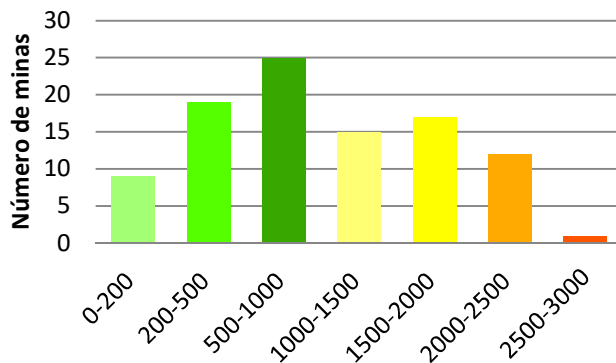
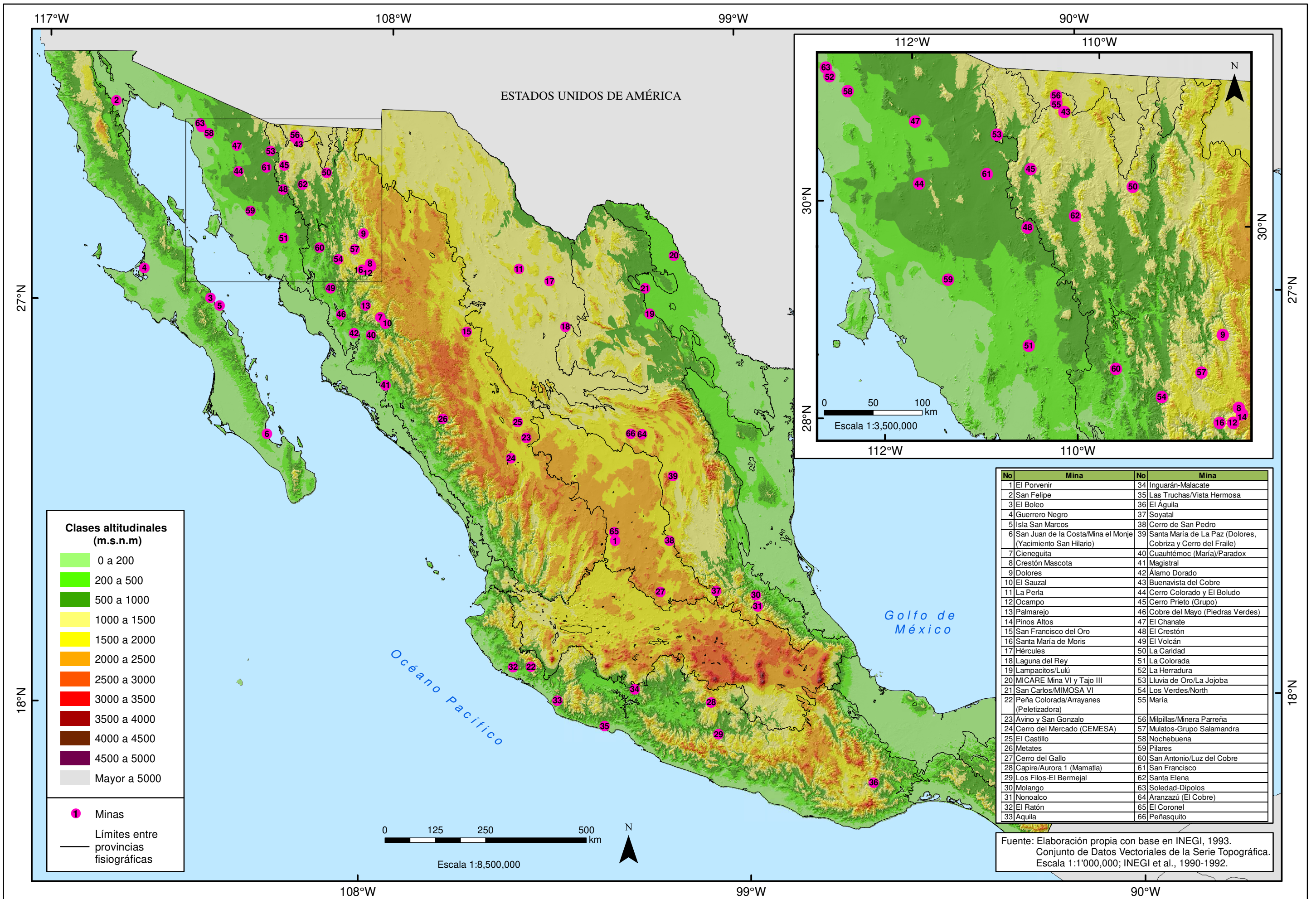


Figura 3.2. Número de minas por clase altitudinal (m.s.n.m.)

Fuente: elaboración propia con base en INEGI *et al.*, 1990-1992; INEGI, 1993.



3.4. Hipsometría y minas

3.1.3. Geología

La geología de la República Mexicana es muy compleja, por lo tanto, para representar y describir a grandes rasgos la geología de las minas, se utilizó la información de INEGI (2002), escala 1:1,000, 000, sobre los grandes grupos de rocas superficiales, como las ígneas, sedimentarias y metamórficas, por sistema/periodo geológico, desde el Paleozoico hasta el Cenozoico. Para su representación, se usó como referencia la Carta Geológica de México del Instituto de Geología actualizada por Ferrari-Pedraglio *et al.*, (2007). De acuerdo con Tarbuck y Lutgens (2005), los tres grandes grupos de rocas poseen las siguientes características:

1. *Ígneas*. Se forman cuando la roca fundida, *magma*, se enfría y se solidifica. Cuando la roca fundida se solidifica en la superficie se originan las *rocas ígneas extrusivas* o *volcánicas*. Cuando el magma pierde su movilidad, se cristaliza en la profundidad y se originan las *rocas ígneas intrusivas* o *plutónicas*. Principalmente, este tipo de rocas se compone de silicatos, y en menor cantidad de elementos como el titanio y manganeso, así como pequeñas trazas de oro, plata y uranio. Los principales tipos de rocas son el Granito/riolita, Diorita/andesita, Gabro/basalto y Peridotita/komatita (poco común).
2. *Sedimentarias*. Se originan “a partir de rocas preexistentes por procesos de meteorización” (p.25). Cuando se forman a partir de los sedimentos sólidos de la meteorización son *rocas sedimentarias detríticas* y comúnmente se constituyen por minerales de arcilla y cuarzo. Las *rocas sedimentarias químicas*, “derivan del material que es transportado *en solución* a los lagos y los mares” (p.207) y que puede estar disuelto o precipitado, dando origen a la caliza, el sílex y la sal de roca, principalmente.
3. *Metamórficas*. Cambian de forma, se producen a partir de rocas ígneas, sedimentarias e incluso otras rocas metamórficas, a partir del calor, la presión y los fluidos químicamente activos. Poseen una roca madre a partir de la cual se formaron y una *foliación*, es decir una disposición planar de los granos minerales del interior.

Es importante aclarar que a continuación se muestra la distribución de las minas de acuerdo con el tipo de rocas superficiales sobre las que se emplazan y su tiempo geológico (Mapa 3.5), más no sobre el origen geológico de los yacimientos; en este sentido las minas se ubican principalmente, en la provincia fisiográfica Grandes Llanuras

de Norteamérica, sobre rocas sedimentarias del Cuaternario y del Cretácico; en la Llanura Sonorense, sobre rocas sedimentarias del Cuaternario y sobre rocas metamórficas del Jurásico; en la Mesa del Centro, sobre rocas ígneas extrusivas del Terciario y rocas sedimentarias del Cretácico; en la Península de Baja California, sobre rocas sedimentarias del Cenozoico; en la Sierra Madre del Sur, sobre rocas ígneas intrusivas del Terciario y rocas sedimentarias del Cretácico; en la Sierra Madre Occidental, sobre rocas ígneas extrusivas e intrusivas del Terciario y del Cretácico y sobre rocas sedimentarias del Cenozoico, del Cretácico y del Jurásico; en la Sierra Madre Oriental, sobre rocas sedimentarias del Jurásico y del Cuaternario; y en las Sierras y Llanuras del Norte, sobre rocas sedimentarias del Cuaternario.

Con base en la descripción anterior y con la información geológica más detallada de cada mina a escala 1:250,000, obtenida del SGM (2019a) y de INEGI (1984) (Figura 3.3), se obtiene que las minas se localizan predominantemente en rocas sedimentarias del Cuaternario, con un total de 31 minas, principalmente sobre material aluvial; 27, en rocas ígneas extrusivas del Terciario, en su mayoría sobre andesita-toba andesítica; y 15, en rocas ígneas intrusivas también del Terciario, predominantemente sobre granito-granodiorita; por el contrario, las menos comunes son las rocas mixtas y metamórficas. Con esto, se refuerza lo dicho por Lugo-Hupb (1990): las estructuras y litologías jóvenes son las que sobresalen.

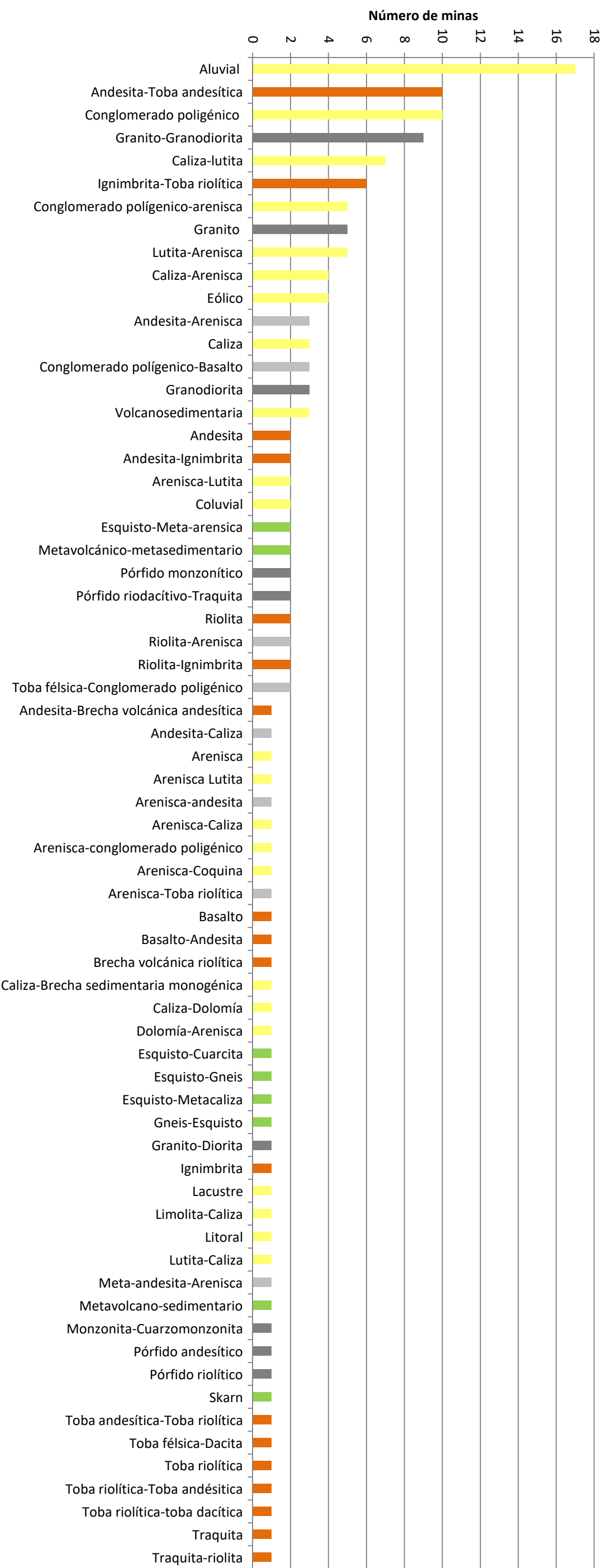
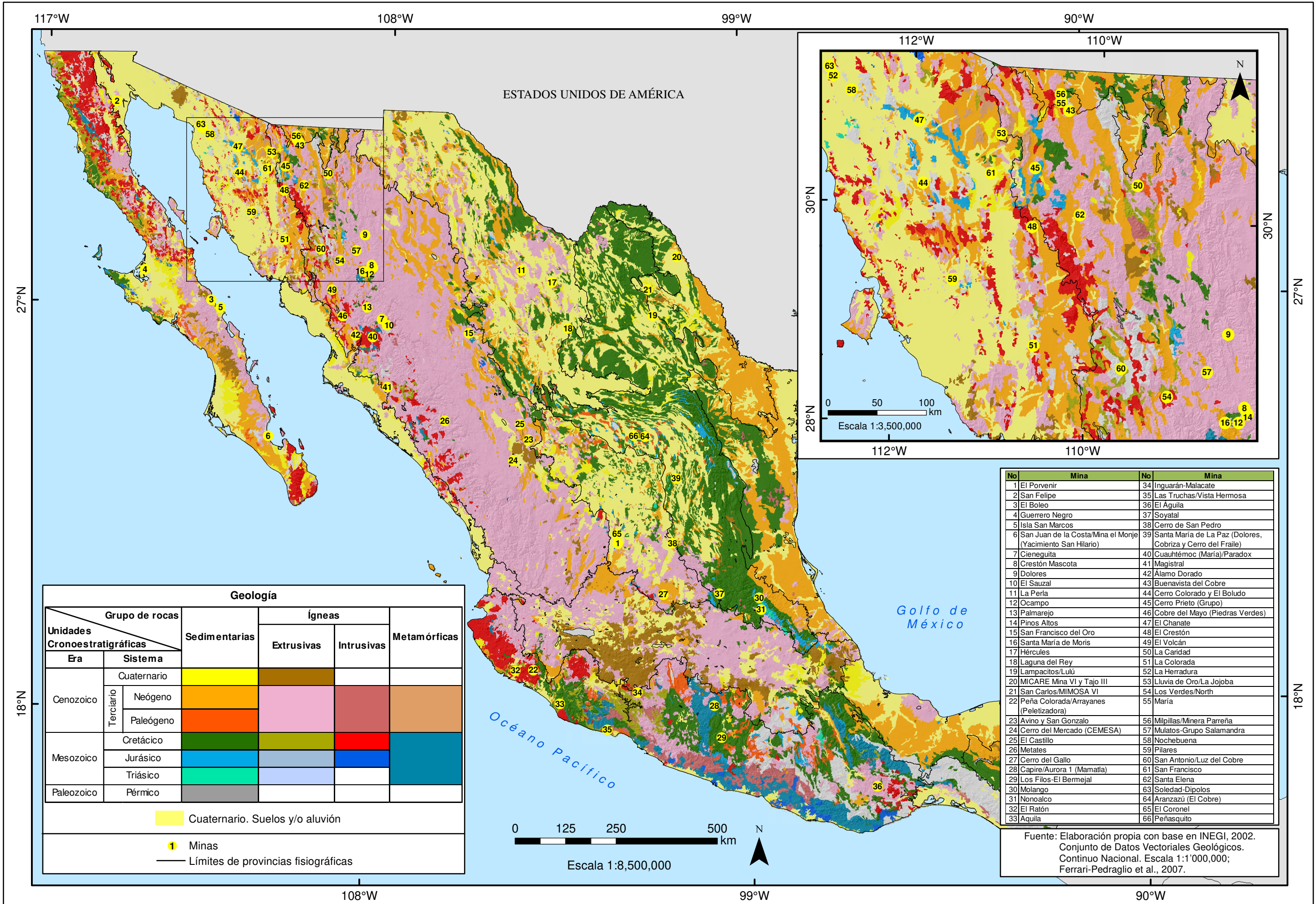


Figura 3.3. Número de minas por litología y roca (clase)

Fuente: elaborado con base en SGM, 2019a; INEGI, 1984.

Con este detalle, se destaca que las minas se ubican preferentemente donde las rocas sedimentarias tienen un 46% de presencia, seguido de las ígneas extrusivas con un 24%, las ígneas intrusivas con un 15%, las mixtas con un 9% y las metamórficas con un 6%.



ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Golfo de México

Océano Pacífico

Unidades Cronoestratigráficas		Geología			
		Sedimentarias	Ígneas		Metamórficas
Era	Sistema		Extrusivas	Intrusivas	
Cenozoico	Terciario	Cuaternario	[Yellow]	[Brown]	[Light Brown]
		Neógeno	[Orange]	[Pink]	[Red]
		Paleógeno	[Red]	[Pink]	[Light Brown]
Mesozoico		Cretácico	[Green]	[Light Green]	[Red]
		Jurásico	[Blue]	[Light Blue]	[Blue]
		Triásico	[Cyan]	[Light Blue]	[Light Blue]
Paleozoico		Pérmico	[Grey]	[Light Grey]	[Light Grey]

Cuaternario. Suelos y/o aluvi6n
1 Minas
 — Límites de provincias fisiográficas

No	Mina	No	Mina
1	El Porvenir	34	Inguarán-Malacate
2	San Felipe	35	Las Truchas/Vista Hermosa
3	El Boleo	36	El Aguila
4	Guerrero Negro	37	Soyatal
5	Isla San Marcos	38	Cerro de San Pedro
6	San Juan de la Costa/Mina el Morje (Yacimiento San Hilario)	39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)
7	Cieneguilla	40	Cuauhtémoc (María)/Paradox
8	Crest6n Mascota	41	Magistral
9	Dolores	42	Alamo Dorado
10	El Sauzal	43	Buenavista del Cobre
11	La Perla	44	Cerro Colorado y El Boludo
12	Ocampo	45	Cerro Prieto (Grupo)
13	Palmarejo	46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)
14	Pinos Altos	47	El Chanate
15	San Francisco del Oro	48	El Crest6n
16	Santa María de Moris	49	El Volcán
17	Hércules	50	La Caridad
18	Laguna del Rey	51	La Colorada
19	Lampacitos/Lulú	52	La Herradura
20	MICARE Mina VI y Tajo III	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
21	San Carlos/MIMOSA VI	54	Los Verdes/North
22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	55	María
23	Avino y San Gonzalo	56	Mipillas/Minera Parreña
24	Cerro del Mercado (CEMESA)	57	Mulatos-Grupo Salamandra
25	El Castillo	58	Nochebuena
26	Metates	59	Pilares
27	Cerro del Gallo	60	San Antonio/Luz del Cobre
28	Capire/Aurora 1 (Mamatla)	61	San Francisco
29	Los Filos-El Bermejál	62	Santa Elena
30	Molango	63	Soledad-Dipolos
31	Nonoalco	64	Aranzazú (El Cobre)
32	El Rat6n	65	El Coronel
33	Aguila	66	Peñasquito

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2002. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000; Ferrari-Pedraglio et al., 2007.

3.5. Geología y minas

Potencial geológico de México

Para complementar en los aspectos geológicos, como se enunció en el segundo capítulo y de acuerdo con el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI, 2018), la República Mexicana es históricamente minera debido a su gran riqueza geológico-minera ya que “contiene abundante y diversificada riqueza mineral, con: Plata, Fluorita, Celestita, Bismuto, Molibdeno, Plomo, Zinc, Cobre, Barita, Oro, Yeso, Carbón, Hierro y Manganese, entre los más importantes”. Lo que hace que el 70% del territorio nacional tenga el potencial minero para desarrollar proyectos en zonas que previamente han sido concesionadas a la minería, que en la actualidad solo cubren el 11% del territorio nacional, es decir, 25.1 millones de hectáreas.

A partir de las figuras 3.4 y 3.5., y con la información de provincias metalogenéticas del SGM (s.f.a) a escala 1:250,000, en el Cuadro 3.3, se observa que la provincia metalogenética en la que se localizan más de la mitad de las minas es la de Au, Cu, Mo, que en gran parte corresponde a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental; en menor cantidad, le siguen la de Ag, Pb, Zn, correspondiente a la Sierra Madre Oriental y la de Ag, localizada en las Sierras y Llanuras del Norte y en la Mesa del Centro. Por el contrario la de Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo y la de Fosforita, se localizan en la Península de Baja California y son las que poseen el menor número de minas. En el Cuadro 3.3, faltó el registro de la mina Isla San Marcos ya que en el portal, no se encontró su información.



Figura 3.4. Provincias metalogénicas de México

Fuente: FIFOMI, 2018.



Figura 3.5. Provincias metalogénicas y principales yacimientos

Fuente: Llano, s.f.b.

Cuadro 3.3. Número de minas por provincia metalogénica

Provincias metalogénicas	No de minas
Au, Cu, Mo (Oro, Cobre, Molibdeno)	35
Ag, Pb, Zn (Plata, Plomo, Zinc)	11
Ag (Plata)	6
Fe, Au (Hierro, Oro)	4
Ag, Pb, Zn, Mn (Plata, Plomo, Zinc, Manganeso)	3
Agregados pétreos	2
Celestita, Fluorita, Carbón	2
Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo (Plata, Plomo, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno)	1
Fosforita	1

Fuente: elaborado con base en SGM, s.f.a.

3.1.4. Clima e hidrología

Clima

Para el caso del clima, se retomó la clasificación de regiones o provincias climáticas, que de acuerdo con Vidal (2005), una región climática es:

Cierta extensión de la superficie terrestre, en la cual, por su situación geográfica y por la orientación general [...] del relieve, dominan el mismo o los mismos sistemas de vientos y por su latitud presenta análogas condiciones de calentamiento, de aquí que muestre gran similitud en los tipos de clima principalmente en cuanto a régimen de lluvias, marcha anual de la temperatura y oscilación térmica (p.15).

Los climas se originan “de la acción combinada de los principales elementos climáticos (temperatura y precipitación) y de los factores que actúan sobre ellos (latitud, altitud, relieve, su cercanía al océano y corriente marina fría)” (Vidal, 2005:29). En este apartado se enuncian a grandes rasgos, estas características climáticas en las que se insertan las minas.

La República Mexicana posee 11 regiones climáticas, como se observa en la Figura 3.6, y solo en ocho de ellas se localizan las minas, en este caso, 35 de las minas, más de la mitad, en la región climática del Golfo de la California, distribuidas por las provincias fisiográficas Llanura Sonorense, Península de Baja California, Sierra Madre Occidental y Sierras y Llanuras del Norte; 14 en la región del Norte en las provincias Mesa del Centro, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Sierras y Llanuras del Norte; cuatro en la región Pacífico Central, en las provincias Península de Baja California y Sierra Madre Occidental; cuatro en la región Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca y en la región Pacífico Sur, en la provincia Sierra Madre del Sur; tres en la región del Noreste, en la provincia Grandes Llanuras de Norteamérica; dos en la región del Golfo de México, en la provincia Sierra Madre Oriental; una en la región Centro, en la provincia Mesa del Centro; y una en la región Noroeste, en la provincia de Baja California.

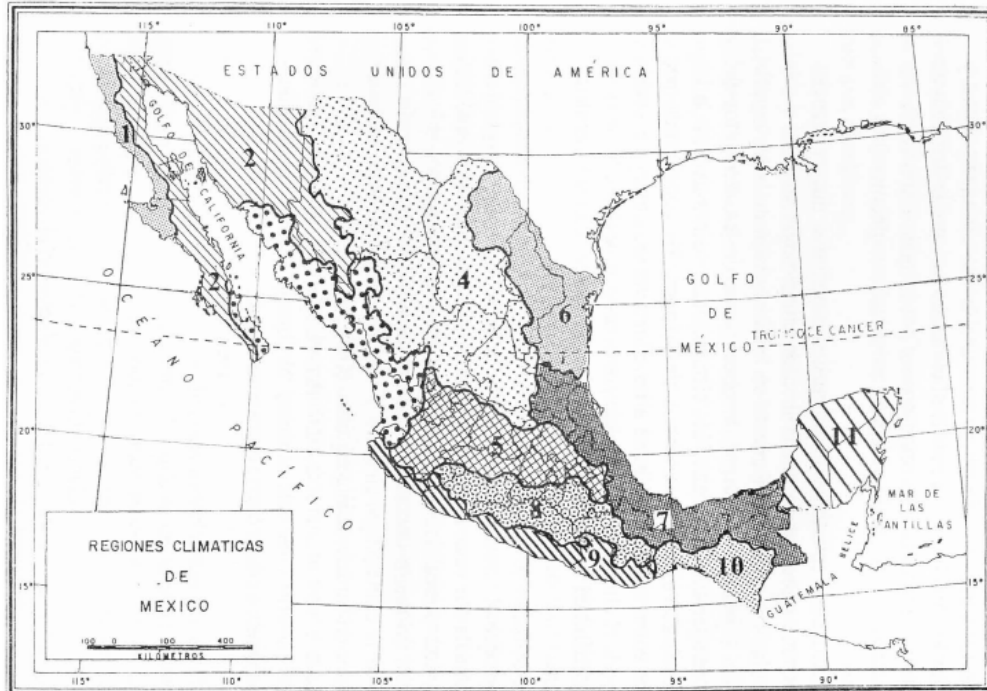


Figura 3.6. Regiones Climáticas de México: 1. Noroeste, 2. Golfo de California, 3. Pacífico Central, 4. Norte, 5. Centro, 6. Noroeste, 7. Golfo de México, 8. Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca, 9. Pacífico Sur, 10. Sureste, 11. Península de Yucatán.

Fuente: Vidal, 2005:18.

De acuerdo con Vidal (2005), esas regiones climáticas, poseen las siguientes características:

- *Región climática Noroeste.* Esta región se encuentra bajo la influencia climática de los centros subtropicales de alta presión; en el Atlántico, del anticiclón Bermuda-Azores, el cual se ejerce de manera indirecta; y en el Pacífico, del centro de alta presión del Pacífico Septentrional, ubicado al oeste de la península y que produce los vientos del noroeste, en donde las corrientes de aire descendentes generan una estabilidad de aire y por ende una gran escasez de precipitación. En mayo, junio y julio, las lluvias son escasas, mientras que en agosto y septiembre, algunos ciclones tropicales del Pacífico, introducen humedad y lluvias en las sierras del este. La corriente marina fría de California también estabiliza el aire sobre ella, por lo tanto en la zona litoral del Pacífico los veranos son muy secos; mientras que en los meses fríos, no estabiliza tanto el aire, meses en donde también son comunes las vaguadas polares, además las montañas que bordean la región actúan como barreras de los vientos del Océano Pacífico, razón por la cual ésta es la única región con un máximo de lluvias en

invierno. La región puede ser muy cálida con una temperatura media anual mayor de 26°C, cálida entre los 22 y 26°C, semicálida entre los 18° y 22°C, templada entre los 12 y 18°C y semifrías entre los 5 y 12°C. Sus climas son secos BS o muy secos BW y subhúmedos Cs.

- *Región climática Golfo de California.* Al este y sur, su régimen de lluvias es intermedio entre verano e invierno, su máximo de precipitación ocurre en la mitad del año (julio, agosto o septiembre), mientras que al oeste los meses más lluviosos son los invernales. Las corrientes de aire suelen ser estables. La región puede ser muy cálida con temperatura media mayor a los 26°C, la cálida entre 18 y 22°C, las templadas entre 12 y 18°C y las semifrías menores a los 12 °C. A su vez, sobre la Sierra Madre Occidental, disminuyen las temperaturas, en donde las laderas bajas son semicálidas, las medias son templadas y las de mayor altitud son semifrías. Cabe destacar que en la Llanura Sonorense, también hay una disminución de temperatura en la franja litoral. El clima de las costas del Mar de Cortés, al igual que en la zona correspondiente a Baja California es muy seco BW; el litoral del norte de Sonora es semicálido y el litoral de Baja California es cálido; mientras que en las altitudes mayores los climas pasan de semicálidos BWh a templados BWk, sobre todo en las laderas occidentales, en los declives o en las zonas de bajadas. Hacia el Océano Pacífico, predominan los climas cálidos y en las zonas más bajas los semicálidos, debido a la corriente fría de California; mientras que en la porción continental de Sonora, Chihuahua y Durango, en el descenso de la Sierra Madre Occidental, el clima se hace más fresco.
- *Región climática Pacífico Central.* La estación más lluviosa ocurre entre verano y otoño, el mes más lluvioso es julio y en las laderas es agosto y septiembre, sobretodo en el litoral y en el sur de la península de Baja California. En esta área, dominan los vientos Alisios, pues entre verano y otoño reciben algún ciclón tropical; también a causa del calentamiento de la Altiplanicie Mexicana, se originan vientos monzónicos del Océano Pacífico al continente, los cuales descienden en forma de precipitación sobre las laderas medias y bajas de la Sierra Madre Occidental debido al enfriamiento. La llanura costera es cálida, con 24°C en el norte y 16°C en el sur. En las laderas se refresca y pasa de semicálido a templado y a semifrío. En la zona alta de la Sierra Madre Occidental, la temperatura es menor a los 12°C; mientras que en el extremo sur de Baja California son menores a los 18°C. Los climas se distribuyen en franjas longitudinales paralelas al litoral hacia la Sierra Madre Occidental, los cuales varían de los muy secos BW, a los subhúmedos, Aw y Cw.

- *Región climática Norte.* En esta región influye la circulación del Océano Pacífico y la del Golfo de México, principalmente. En la mitad caliente del año, se genera un centro de baja presión sobre el norte de la región, lo que ocasiona la circulación monzónica del Océano Pacífico, Golfo de California y Golfo de México hacia la Altiplanicie, a pesar de ello la precipitación es escasa, sobre todo por los movimientos convectivos del aire de la zona plana por el calentamiento del continente; mientras que en la zona montañosa, el enfriamiento sube por las laderas, lo que produce chubascos esporádicos. En invierno, debido a las masas frías polares de la Gran Cuenca de EUA, desciende la temperatura y con ello se presenta una precipitación escasa pero en forma de nieve. Su temperatura varía con la altitud principalmente, las zonas norte y noreste (más bajas), son semicálidas con temperaturas medias anuales entre los 18 y 22°C, caso contrario en las zonas sur y oeste. La zona occidental es principalmente templada entre 12° y 18°C, mientras que en zonas elevadas de la Sierra Madre Occidental son menores a los 12°C. Generalmente, los climas del norte de la Altiplanicie se caracterizan por su aridez, con climas secos B.
- *Región climática Centro.* Los contrastes son muy marcados entre la humedad de los valles y las partes altas de las montañas, así como entre laderas, en donde las laderas orientadas al occidente reciben una mejor precipitación. La temperatura media anual predominante en los valles de menor altitud del oeste, es mayor de 22°C, característico de lugares cálidos. En altitudes más elevadas, se tienen temperaturas anuales entre 18 y 22°C, consideradas como semicálidas, mientras que en la zona centro se tienen temperaturas templadas entre los 12° y 18°C, por su parte, las zonas de laderas poseen temperaturas menores a los 12°C, consideradas semifrías con climas fríos con temperatura media anual entre -2° y 5°C, localizados principalmente en los volcanes del Eje Neovolcánico.
- *Región climática Noreste.* La temporada de lluvias es de mayo a octubre; entre el verano y el otoño, los ciclones tropicales que se forman en el mar Caribe y Golfo de México, invaden con lluvias el sur de la región; el régimen de lluvias en el resto de la región es intermedio, además es notable la disminución de lluvias durante tres o cuatro meses del verano, sobretodo en julio, influenciada por la vaguada presente en las costas occidentales del Golfo de México. La temperatura media anual en la mayor parte de la región es cálida, entre los 22 y 24°C, como ocurre en la llanura costera, sin embargo esta desciende conforme aumentan las altitudes de las laderas de la Sierra Madre Oriental, inicialmente es semicálida, después pasa a templada y finalmente a

semifría. Los climas que predominan en la región son los secos BS y subhúmedos semicálidos (A)Cw.

- *Región climática Cuenca del Balsas y Valles de Oaxaca.* La precipitación entre verano y otoño incrementa por la presencia de ciclones tropicales del Pacífico, por lo tanto las laderas son zonas más lluviosas que el resto. La región está localizada en la zona tropical y por ello posee muy altas temperaturas, donde la media anual es mayor de 26°C en la porción central más baja de la cuenca y cercana a la costa, considerada como muy cálida; en mayores altitudes, pasa a ser cálida entre los 22 y 26°C y posteriormente semicálida entre los 12 y 22°, hacia la zona continental; la zona templada entre 12 y 18°C comienza en el Eje Neovolcanico; mientras que las zonas semifrías se localizan en las laderas de las sierras y las frías en las cimas de los volcanes. En la cuenca del Balsas los climas con cálidos A y (h') principalmente, mientras que en los Valles de Oaxaca, son más secos y más cálidos los valles que las laderas sobre todo por el efecto de sombra que produce la zona montañosa.
- *Región climática Pacífico Sur.* Por la zona intertropical de convergencia (ITC), existe una inestabilidad del aire y precipitaciones convectivas sobretodo en Guerrero y Oaxaca. La temperatura media anual en la parte de la llanura es mayor de 26°C, mientras que en las laderas de la sierra disminuye con la altitud hasta los 16 y 18°C. El clima es cálido todo el año tanto en la llanura costera como en la base de la sierra, a excepción de los meses invernales. Predominan los climas cálidos subhúmedos Aw desde el nivel del mar hasta los 1,100m; a excepción de una pequeña área de clima cálido semiseco BS (h'); mientras que en el resto de altitudes entre 1,100 a 1,800 m, en las laderas de la Sierra Madre del Sur, predominan los climas semicálidos A(C).

Con base en INEGI (2008), escala 1: 1, 000, 000, en la Figura 3.7, se puede apreciar de manera muy general que en su mayoría las minas se localizan en unidades climáticas de tipo templado subhúmedo, semiseco templado y muy seco semicálido.

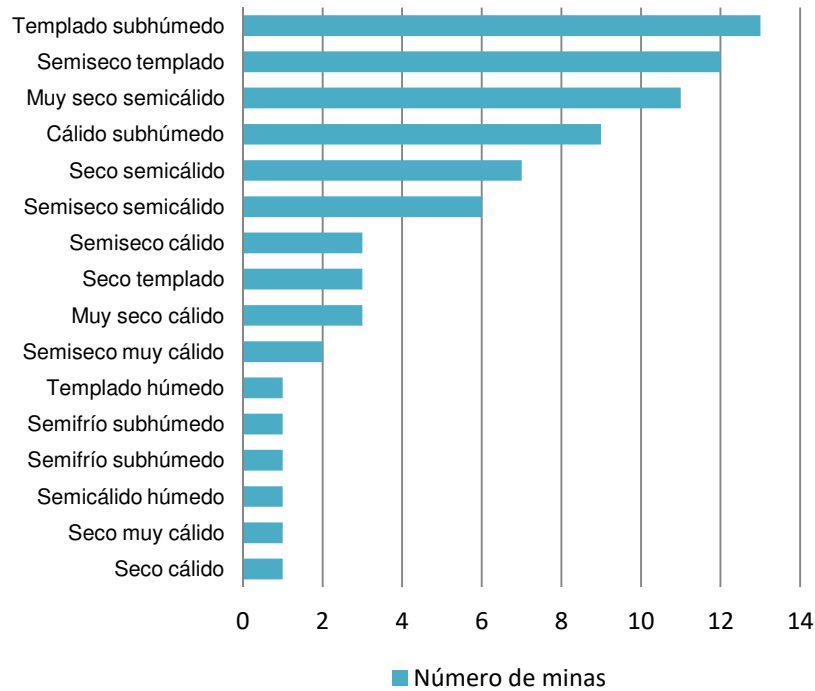


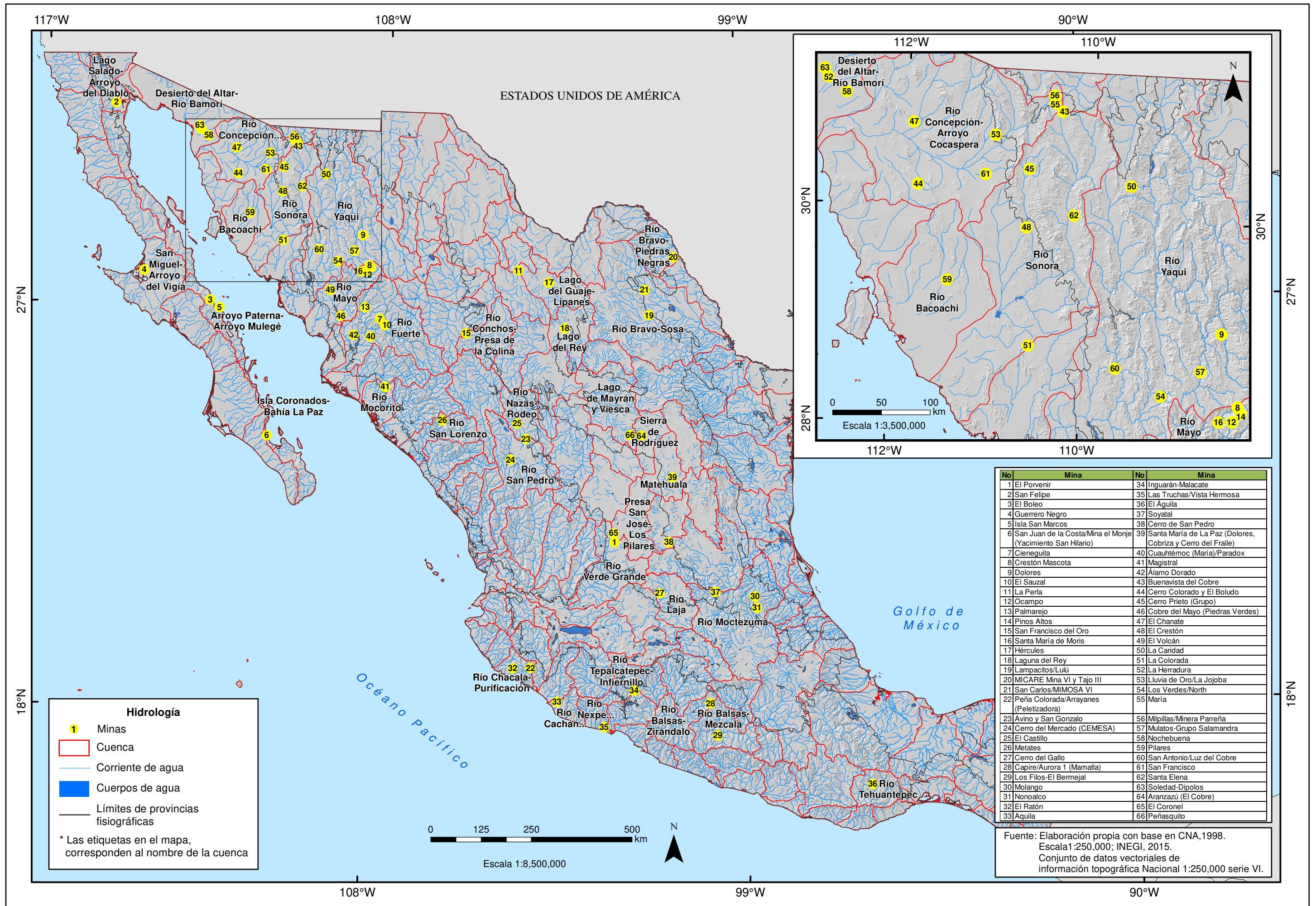
Figura 3.7. Número de minas por unidad climática

Fuente: elaboración propia con base en INEGI, 2008.

Hidrología

En este apartado se menciona la distribución y el número de minas por regiones y cuencas hidrográficas a nivel nacional, con la finalidad de apreciar las que están próximas a ríos importantes y puedan tener algún tipo de impacto hídrico.

De la distribución de las minas (Mapa 3.6), en el Cuadro 3.4, se presentan las regiones y cuencas por provincia fisiográfica en las que se localizan y se observa que la cuenca Río Concepción-Arroyo Cocaspera, de la región Sonora Norte, posee el mayor número de minas, con un total de siete, a su vez, es evidente que las minas se distribuyen principalmente en las cuencas de la región Sonora Sur y Sinaloa, de las provincias Llanura Sonorense y Sierra Madre Occidental. En el resto de las regiones, el número de minas por cuenca se reduce a tres, dos o una.



No	Mina	No	Mina
1	El Porvenir	34	Inguarán-Malacate
2	San Felipe	35	Las Truchas/Vista Hermosa
3	El Boleo	36	El Águila
4	Guerrero Negro	37	Soyatal
5	Isla San Marcos	38	Cerro de San Pedro
6	San Juan de la Costa/Mina el Morje (Yacimiento San Hilario)	39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)
7	Cieneguita	40	Cuahtémoc (María)/Paradox
8	Crestón Mascota	41	Magistral
9	Dolores	42	Álamo Dorado
10	El Sauzal	43	Buenavista del Cobre
11	La Perla	44	Cerro Colorado y El Boludo
12	Ocampo	45	Cerro Prieto (Grupo)
13	Palmarejo	46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)
14	Pinos Altos	47	El Chanate
15	San Francisco del Oro	48	El Crestón
16	Santa María de Moris	49	El Volcán
17	Hércules	50	La Caridad
18	Laguna del Rey	51	La Colorada
19	Lampacitos/Lulú	52	La Herradura
20	MICARE Mina VI y Tajo III	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
21	San Carlos/MIMOSA VI	54	Los Verdes/North
22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	55	María
23	Avino y San Gonzalo	56	Milpillas/Minera Parreña
24	Cerro del Mercado (CEMESA)	57	Mulatos-Grupo Salamandra
25	El Castillo	58	Nochebuena
26	Metates	59	Pilares
27	Cerro del Gallo	60	San Antonio/Luz del Cobre
28	Capire/Aurora 1 (Mamatla)	61	San Francisco
29	Los Filos-El Bermejil	62	Santa Elena
30	Molango	63	Soledad-Dipolos
31	Nonoalco	64	Aranzazú (El Cobre)
32	El Ratón	65	El Coronel
33	Águila	66	Peñasquito

Fuente: Elaboración propia con base en CNA, 1998. Escala 1:250,000; INEGI, 2015. Conjunto de datos vectoriales de información topográfica Nacional 1:250,000 serie VI.

3.6.Hidrología y minas

Cuadro 3.4. Número de minas por regiones y cuencas hidrológicas

Provincia fisiográfica	Región	Cuenca	No de minas
Llanura Sonorense, Mesa del Centro y Sierra Madre Occidental	Sonora Norte	Río Concepción-Arroyo Cocaspera	7
Sierra Madre Occidental	Sonora Sur	Río Mayo	6
	Sinaloa	Río Fuerte	5
Llanura Sonorense y Sierra Madre Occidental	Sonora Sur	Río Sonora	5
Sierra Madre Occidental	Sonora Sur	Río Yaqui	5
Llanura Sonorense	Sonora Norte	Desierto del Altar-Río Bamorí	3
Sierra Madre Oriental	Pánuco	Río Moctezuma	3
Sierras y Llanuras del Norte	Mapimí	Lago del Guaje-Lipanes	2
Grandes Llanuras de Norteamérica	Bravo-Conchos	Río Bravo-Sosa	2
Sierra Madre del Sur	Costa de Jalisco	Río Chacala-Purificación	2
Sierra Madre Occidental	Nazas-Aguanaval	Río Nazas-Rodeo	2
Península de Baja California	Baja California Centro Este	Arroyo Paterna-Arroyo Mulegé	1
	Islas	Isla	1
	Baja California Sureste	Isla Coronados-Bahía La Paz	1
Sierra Madre Oriental	Nazas-Aguanaval	Lago de Mayrán y Viesca	1
Sierras y Llanuras del Norte	Mapimí	Lago del Rey	1
Llanura Sonorense	Baja California Noreste	Lago Salado-Arroyo del Diablo	1
Sierra Madre Oriental	El Salado	Matehuala	1
Mesa del Centro	El Salado	Presa San José-Los Pilares	1
Llanura Sonorense	Sonora Sur	Río Bacoachi	1
Sierra Madre del Sur	Balsas	Río Balsas-Mezcala	1
	Balsas	Río Balsas-Zirándalo	1
Grandes Llanuras de Norteamérica	Bravo-Conchos	Río Bravo-Piedras Negras	1
Sierra Madre del Sur	Costa de Michoacán	Río Cachán o Cualcomán y otros	1
Sierra Madre Occidental	Bravo-Conchos	Río Conchos-Presa de la Colina	1
Mesa del Centro	Lerma-Santiago	Río Laja	1
Sierra Madre Occidental	Sinaloa	Río Mocerito	1
Sierra Madre del Sur	Costa de Michoacán	Río Nexpe y otros	1
Sierra Madre Occidental	Sinaloa	Río San Lorenzo	1
	Presidio-San Pedro	Río San Pedro	1
Sierra Madre del Sur	Tehuantepec	Río Tehuantepec	1
	Balsas	Río Tepalcatepec-Infiernillo	1
Mesa del Centro	Lerma-Santiago	Río Verde Grande	1
Península de Baja California	Baja California Centro Este	San Miguel-Arroyo del Vigía	1
Sierra Madre Oriental	El Salado	Sierra de Rodríguez	1

Fuente: elaborado con base en CNA, 1998; INEGI, 2015.

A partir de la información de cuencas hidrológicas (CNA, 1998) y de la red hidrológica de INEGI (2015) a escala 1:250,000, Figura 3.8.a, los 11 cuerpos de agua perennes se aproximan a cuatro minas; mientras que el estanque y las salinas artificial y natural a dos, ya sea dentro de su perímetro, en algún extremo o muy próximos a ellas y se ubican al Noroeste del país, en las provincias Península de Baja California, Sierra Madre Occidental y Sierras y Llanuras del Norte. En la Figura 3.8.b, las corrientes fluviales y acueductos subterráneos y superficiales son próximos a 43 minas, donde cada mina se localiza mínimo sobre una corriente fluvial o a un costado de ella, máximo en tres; éstas se distribuyen por todas las provincias fisiográficas sobre las cuales se ha realizado el estudio, desde la Península de Baja California, hasta la Sierra Madre del Sur.

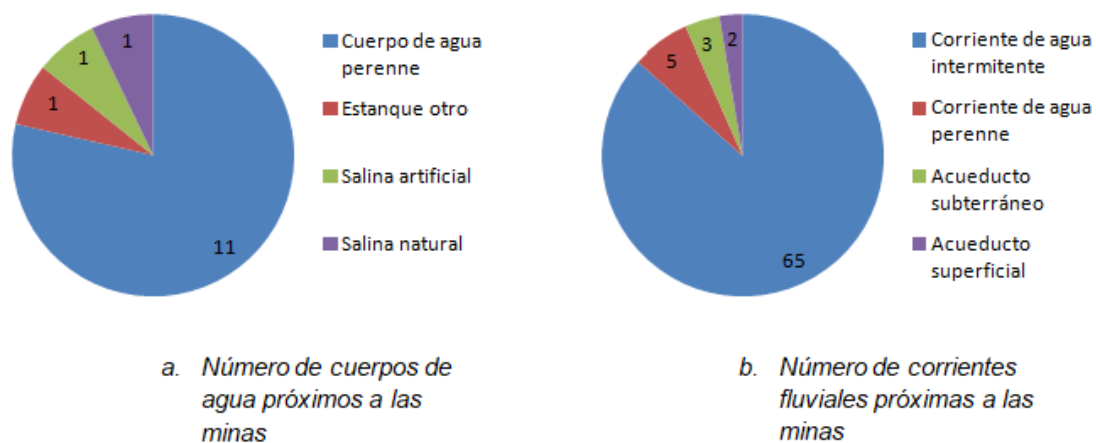


Figura 3.8. Número de minas por tipo de hidrología

Fuente: elaborado con base en CNA, 1998; INEGI, s.f.d.

3.1.5. Suelos

En este apartado se muestran los principales tipos de suelos en los que se distribuyen las minas, a continuación se describen:

- *Arenosol*. Suelo arenoso, de zonas tropicales o templadas muy lluviosas del sureste del país, con vegetación variable y con una susceptibilidad de erosión de moderada a alta. Es un suelo muy escaso en el país (INEGI, 2004).
- *Calcisol*. Suelo calcáreo con acumulación de caliza secundaria, de clima árido o semiárido y con vegetación de matorral o arbustiva xerófila (FAO, s.f.a).
- *Cambisol*. Suelos jóvenes y cambiantes, presentes en cualquier tipo de clima y vegetación, a excepción de zonas áridas, en el subsuelo poseen una capa de terrones con vestigios de roca subyacente y una posible acumulación de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso, además poseen una moderada-alta susceptibilidad de erosión (INEGI, 2004).
- *Chernozem*. Suelo negro, con presencia de alcalinos, de zonas semiáridas o en transición a climas más lluviosos, con vegetación de pastizal y en algunas zonas de matorral, además son moderadamente susceptibles a la erosión (INEGI, 2004).
- *Durisol*. Suelo endurecido por la acumulación secundaria de sílice, de clima árido, semiárido y mediterráneo (FAO, s.f.b).
- *Fluvisol*. Son suelos de río, formados de materiales acarreados por el agua, presentes en todo tipo de clima, su vegetación son ahuehutes, ceibas y sauces (INEGI, 2004).
- *Gipsisol*. Suelos con una capa de yeso acumulado como cristales, de zonas áridas o semiáridas (INEGI, 2004).
- *Leptosol*. Suelos de piedra, presentes en todo tipo de clima, vegetación y relieve, su profundidad es menor a los 10 centímetros, su susceptibilidad a la erosión varía según los factores ambientales. Son los suelos más abundantes del país (INEGI, 2004).
- *Lixisol*. Suelos producidos por una alteración debido al lavado de arcilla de los horizontes superiores, localizados en zonas de erosión de climas tropicales subtropicales o cálidos (FAO, s.f.c).
- *Luvisol*. Suelos con acumulación de arcilla, de zonas templadas o tropicales lluviosas (por ejemplo al sur de la Sierra Madre Occidental), su vegetación es de bosque y selva y tiene una alta susceptibilidad a la erosión (INEGI, 2004).

- *Phaeozem*. Son suelos de pastizales relativamente húmedos y de regiones forestales en clima moderadamente continental. Son suelos oscuros ricos en materia orgánica, de materiales no consolidados, como básicos, eólicos y otros. Son suelos porosos, fértiles y excelentes para tierras agrícolas (FAO, 2008)
- *Planosol*. Suelo desarrollado en ambientes planos y que en algún periodo del año se inundan, es de climas templados y semiáridos y con vegetación de pastizal y matorral, además son muy susceptibles a la erosión (INEGI, 2004).
- *Regosol*. Manto o capa de material suelto que cubre a la roca, presentes en diversos tipos de clima, vegetación y relieve, son pobres en materia orgánica y ricos en la roca de origen. Es el segundo suelo más abundante del país (INEGI, 2004).
- *Solonchack*. Suelos salinos, presentes en zonas de acumulación de salitre, es decir, lagunas costeras, lechos de lagos, partes más bajas de los valles y en los llanos de las regiones secas, su vegetación es de pastizal, entre otras plantas tolerantes a la sal (INEGI, 2004).
- *Vertisol*. Suelos que se revuelven, de climas templados y cálidos, en vegetaciones de selva baja, pastizales y matorrales, con alto contenido de arcilla y baja susceptibilidad a la erosión pero alto riesgo a la salinización (INEGI, 2004).

Una vez descritos los suelos, con base en información de INEGI (2014), escala 1:1,250, 000, en el Mapa 3.7, se aprecia que en la provincia fisiográfica Grandes Llanuras del Norte, los grupos de suelos principales en los que se ubican las minas son calcisol y vertisol; en la Llanura Sonorense son arenosol, calcisol, leptosol, lixisol, luvisol y regosol; en la Mesa del Centro, son durisol, leptosol y regosol; en la Península de Baja California, son arenosol, fluvisol, gipsisol, leptosol, regosol, y solonchak; en la Sierra Madre del Sur, son leptosol, luvisol, phaeozem y regosol; en la Sierra Madre Occidental, son leptosol, luvisol, phaeozem, regosol y vertisol; en la Sierra Madre Oriental, son leptosol, luvisol y phaeozem y en las Sierras y Llanuras del Norte, son leptosol, phaeozem, regosol y solonchak.

Con base en lo anterior, en la Figura 3.9, se evidencia que las minas se localizan predominantemente en dos de los principales grupos de suelos del país, en este caso 35 minas se ubican sobre leptosoles y 33 sobre regosoles; seguidos de los phaeozem con 14 minas. Por el contrario, los suelos en los que se distribuye el menor número de minas, con una en cada tipo de suelo, son chernozem, lixisol y planosol.

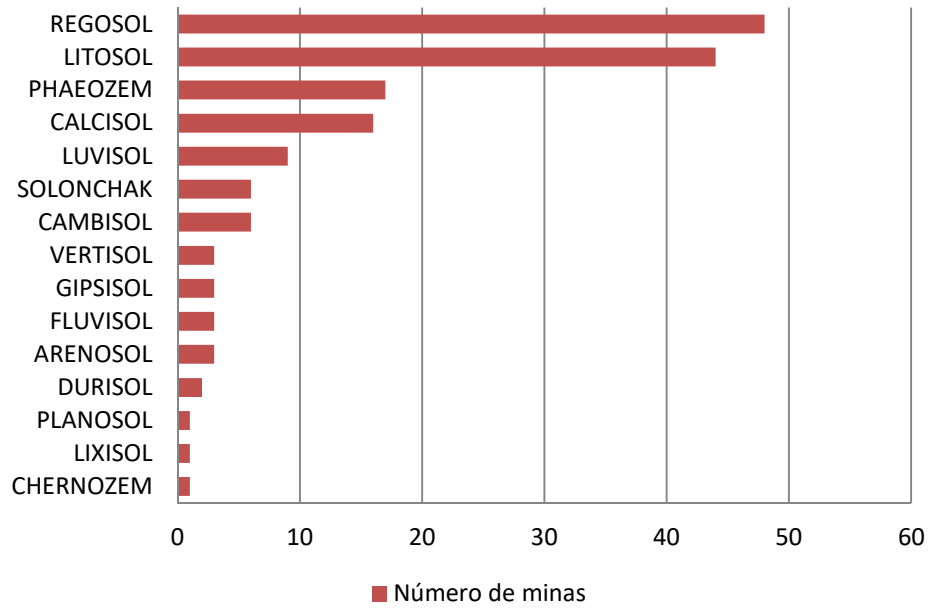
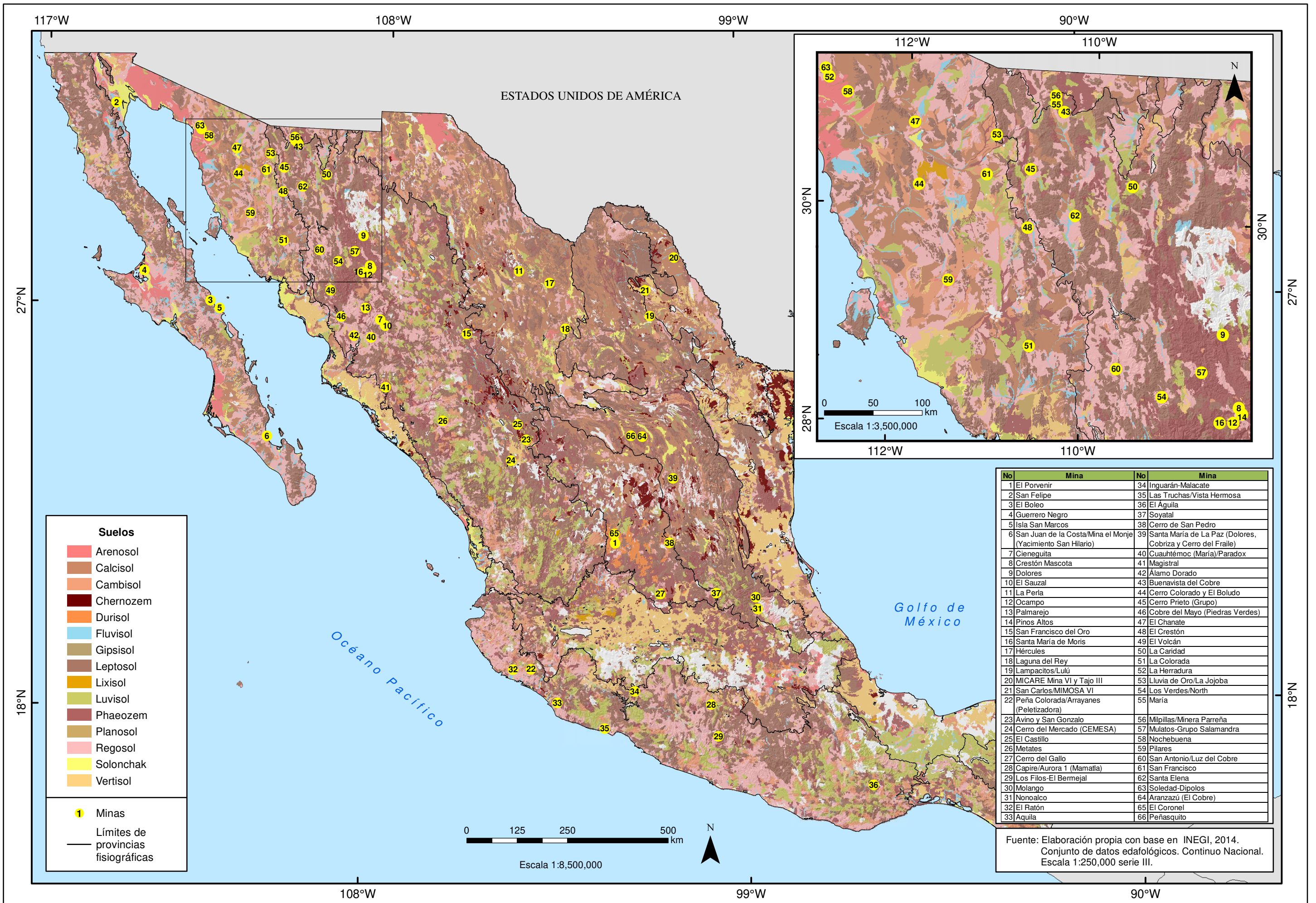


Figura 3.9. Número de minas por tipo de suelo

Fuente: elaborado con base en INEGI, 2014.



3.7. Distribución de las minas por tipo de suelo

3.1.6. Uso de suelo y vegetación

En este apartado, se distinguen los principales usos de suelo y vegetación en los que se localizan las minas. En la provincia fisiográfica Grandes Llanuras de Norteamérica, las minas se localizan principalmente sobre áreas sin vegetación (probablemente correspondientes a la superficie ocupada por la mina y/o a zonas urbanas, aplicable en todas las minas), áreas agrícolas, matorral desértico y espinoso y pastizal halófilo, inducido y cultivado. En la Llanura Sonorense, sobre matorral sarcocaulé, desértico y subtropical, áreas sin vegetación y pastizal inducido. En la Mesa del Centro sobre áreas sin vegetación, matorral desértico y crasicaulé y pastizal inducido. En la Península de Baja California, sobre áreas sin vegetación y matorral sarcocaulé. En la Sierra Madre del Sur, sobre áreas sin vegetación, selva baja, selva-pastizal, pastizal cultivado y áreas agrícolas. En la Sierra Madre Occidental, sobre pastizal natural, inducido y cultivado, áreas sin vegetación, matorral crasicaulé y desértico, bosque de pino, encino y pino-encino, selva baja y áreas agrícolas. En la Sierra Madre Oriental, en áreas agrícolas, matorral desértico y submontano, pastizal cultivado y áreas sin vegetación. Finalmente, en las Sierras y Llanuras del Norte, sobre áreas sin vegetación y matorral desértico.

De manera más detallada y con información de INEGI (2016), escala 1:250,000, representada en la Figura 3.10, se destaca que la mayoría de las minas se localizan en áreas desprovistas de vegetación y en áreas sin vegetación aparente, ya que para realizar la actividad es necesario remover la vegetación, por lo tanto, la vegetación original desapareció y el uso del suelo cambió a un uso de suelo minero; también es evidente que la vegetación que continua presente, en algunas de las minas, corresponde a matorrales, pastizales y áreas agrícolas. Por el contrario, existen pocas minas en las zonas de vegetación secundaria de bosque o en la mayoría de los bosques naturales.

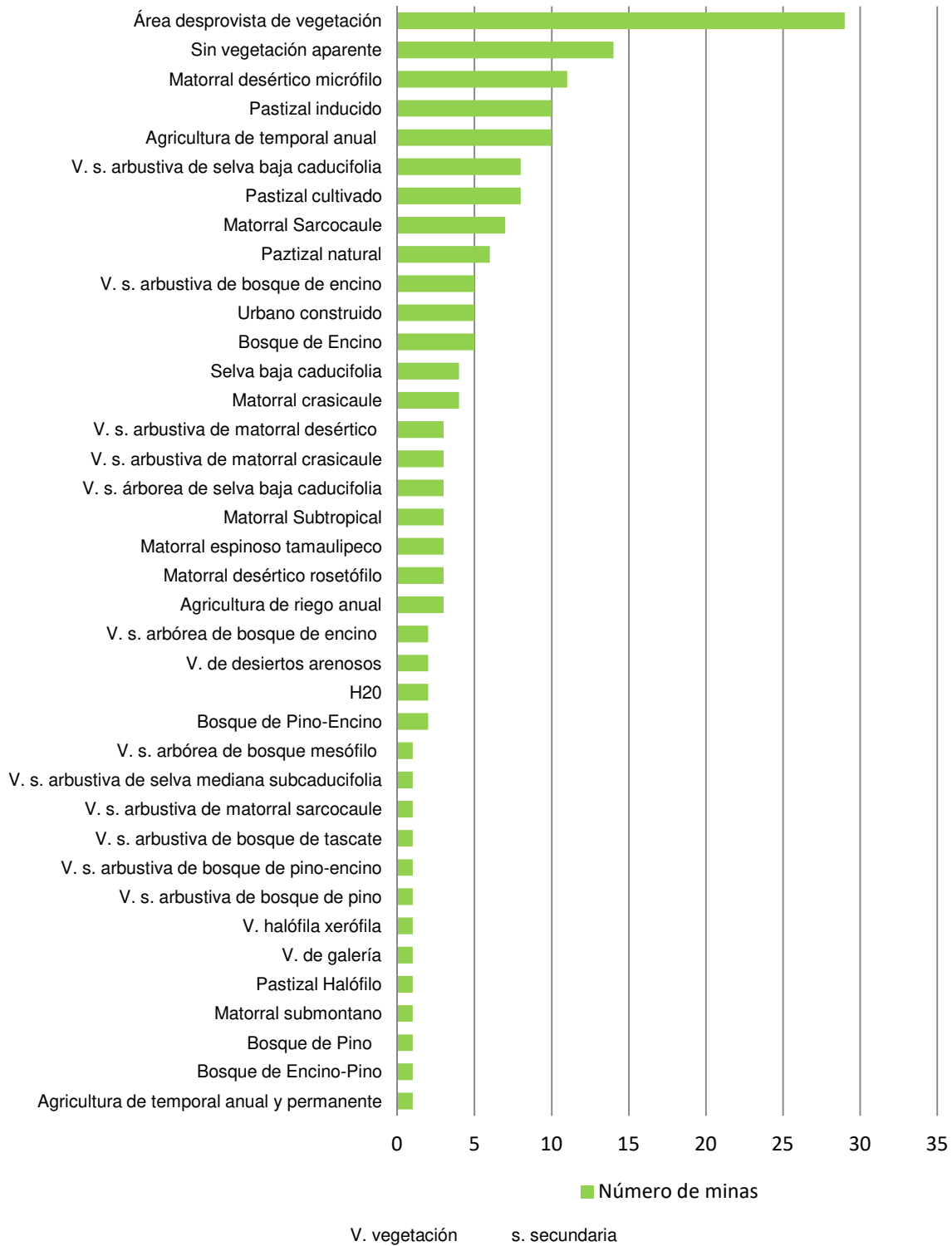


Figura 3.10. Número de minas por tipo de vegetación y uso de suelo

Fuente: elaborado con base en INEGI, 2016.

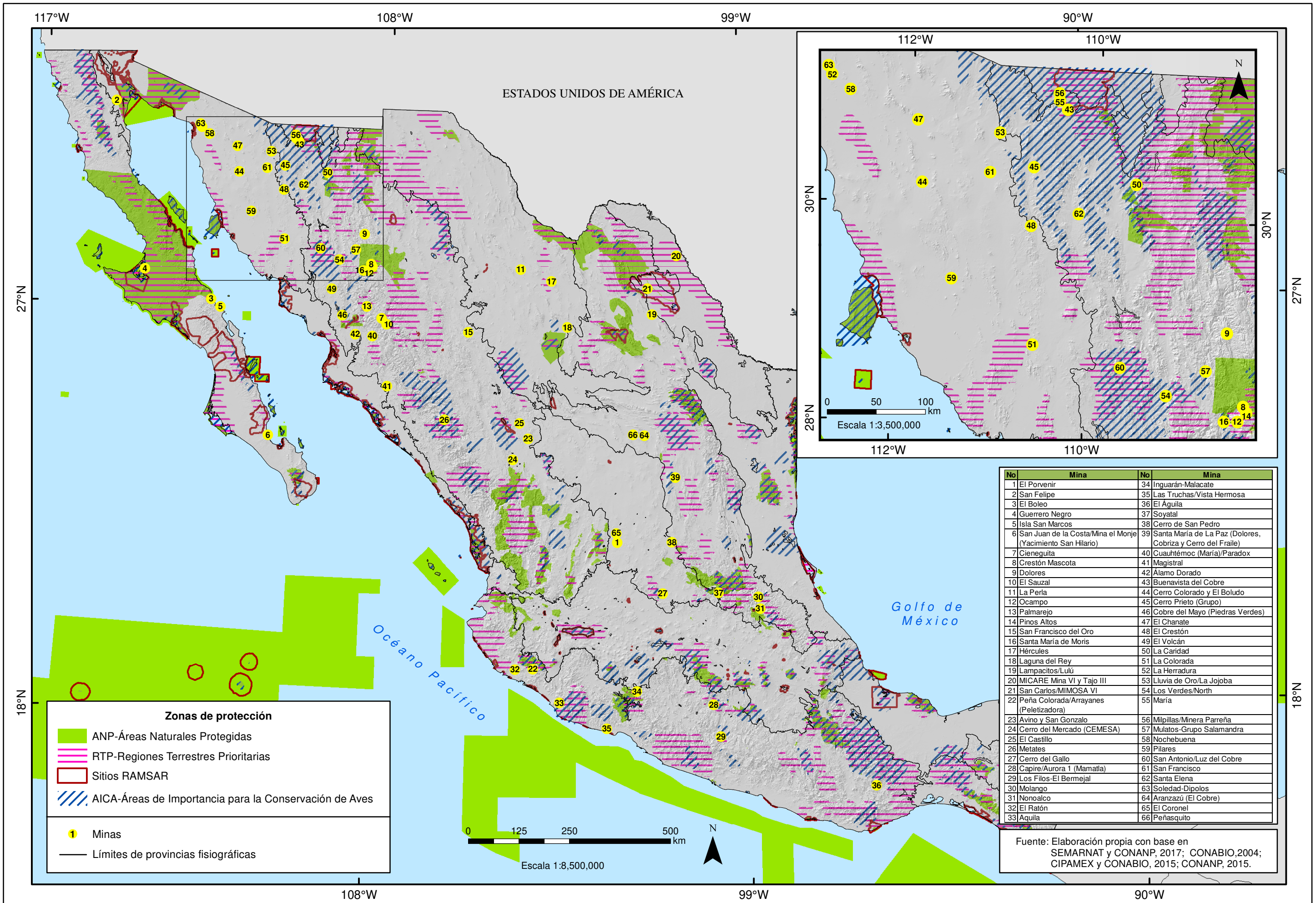
3.1.7. Zonas de protección

En la caracterización del medio natural, también se consideran importantes las siguientes zonas de protección, ya que en muchos casos se le ha dado prioridad a la actividad minera por encima de la protección y conservación de dichos espacios; de acuerdo con Llano, de Cartocrítica, “parece que la ley minera está por encima de cualquier otra” (Enciso, 2021):

- *Áreas Naturales Protegidas (ANP)*. Son “espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por actividades antropogénicas [...], o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función para la recarga del acuífero o la preservación de la biodiversidad.” Pueden ser de tipo federal, estatal, municipal, comunitario, ejidal y privada (SEDEMA, s.f.).
- *Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)*. Su objetivo general es “la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación” (Arriaga *et al.*, 2000).
- *Sitios RAMSAR*. Son los Humedales de Importancia Internacional (RAMSAR, 2014).
- *Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA)*. Se basan en criterios como la amenaza a las especies de aves, “lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregarse en un solo sitio” (avesmx, 2015).

De la distribución de las minas por zonas de protección a nivel nacional, con base en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (SEMARNAT y CONANP, 2017; CONABIO, 2004; CIPAMEX y CONABIO, 2015 y CONANP, 2015), (Mapa 3.8), se aprecia que 32 de ellas, casi la mitad, se localizan por lo menos dentro de una zona de protección; en las Grandes Llanuras de Norteamérica, se ubican en dos RTP y un sitio RAMSAR; en la Llanura Sonorense, en una ANP y una RTP; en la Mesa del Centro en dos RTP; en la Península de Baja California, en tres ANP, dos AICA, una RTP y un sitio RAMSAR; en la Sierra Madre del Sur, en seis RTP, dos AICA y una ANP; en la

Sierra Madre Occidental, en siete RTP, cinco AICA, una ANP y un sitio RAMSAR; en la Sierra Madre Oriental, en dos AICA, una ANP y una RTP; finalmente en las Sierras y Llanuras del Norte, en una RTP. La mayor cantidad de minas dentro de alguna zona de protección, corresponde a la Sierra Madre Occidental; por otro lado, solo la mina Guerrero Negro se localiza dentro de todos los tipos de protección, localizada al centro-oeste de la provincia Península de Baja California.



3.8. Distribución de minas por zonas de protección

En cuanto al número de minas por zonas de protección (Cuadro 3.5), 28 de ellas, la mayoría, se localizan sobre alguna RTP, 15 sobre alguna AICA, ocho sobre alguna ANP y tres sobre algún sitio RAMSAR.

Cuadro 3.5. Número de minas por zona de protección

Provincia fisiográfica	RTP	No de minas
Sierra Madre Occidental	Bassaseachic	4
	Cananea-San Pedro	3
Península de Baja California	El Vizcaíno-El Barril	2
Sierra Madre del Sur	Sierras de Taxco-Huautla	2
Sierra Madre Occidental	Alta Tarahumara-Barrancas	1
	Bavispe-El Tigre	1
	Cañón de Chínipas	1
	San Javier-Tepoca	1
	San Juan de Camarones	1
Sierra Madre del Sur	Cañón del Zopilote	1
	Infiernillo	1
	Manantlán-Volcán de Colima	1
	Sierra de Coalcomán	1
Grandes Llanuras de Norteamérica	Sierras del Norte de Oaxaca-Mixe	1
	Cinco Manantiales	1
	Cuenca del Río Sabinas	1
Llanura Sonorense	Delta del Río Colorado	1
Sierras y Llanuras del Norte	Laguna Jaco	1
Mesa del Centro	Sierra de Álvarez	1
	Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa	1
Sierra Madre Oriental	Sierra Gorda-Río Moctezuma	1
	Total	28
	AICA	
Sierra Madre Occidental	Sistema de Sierras de la Sierra Madre Occidental	5
	Álamos-Río Mayo	2
	Cuenca del Río Yaqui	1
	San Juan de Camarones	1
Sierra Madre del Sur	Cañón del Zopilote	1
	Coalcoman-Pomaro	1
Península de Baja California	Complejo Lagunar Ojo de Liebre	1
	Isla San Marcos	1
Sierra Madre Oriental	Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	1
	Sierra Catorce	1
	Total	15
	ANP	
Península de Baja California	El Vizcaíno	2
Sierra Madre Occidental	Reserva Forestal Nacional y Zona de Refugio de la Fauna Silvestre. Tutuaca	2
Llanura Sonorense	Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	1
Sierra Madre Oriental	Sierra Gorda	1
Sierra Madre del Sur	Zicuirán-Infiernillo	1
Península de Baja California	Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y de la Fauna Silvestre. Islas del Golfo de California	1
	Total	8
	Sitio RAMSAR	
Sierra Madre Occidental	Ecosistema Sierra de Ajos-Bavispe Zona de Influencia Cuenca Río San Pedro	1
Península de Baja California	Laguna Ojo de Liebre	1
Grandes Llanuras de Norteamérica	Río Sabinas	1
	Total	3

Fuente: elaborado con base en SEMARNAT y CONANP, 2017; CONABIO, 2004; CIPAMEX y CONABIO, 2015; CONANP, 2015.

3.2. Caracterización del medio socioeconómico

Con la finalidad de conocer qué poblaciones se encuentran expuestas a las amenazas y los impactos, en un primer acercamiento, de la caracterización del medio social se revisaron los asentamientos próximos a las minas, el tipo de localidades cercanas y la población total e indígena de dichas localidades. Del medio económico, se ofrece un panorama del estado en que se encuentra la actividad minera de México ante el mundo, lo cual la hace una actividad importante en términos económicos.

3.2.1. Distribución de la población por mina

Es importante considerar que para un análisis más detallado y completo, se podría indagar en las características socio-económicas y culturales de la población local y comunidades indígenas de cada mina, ya que además de conocer como se modifica el paisaje sería oportuno identificar la modificación en su modo de vida, ya sea de manera positiva o negativa. En el caso de un impacto negativo se tendrían que tomar en cuenta características socio-económicas como el acceso y la calidad de los servicios básicos de salud, educación y vivienda, su fuentes y nivel de ingresos, sus creencias, tradiciones, usos y costumbres y las formas de violencia que experimentan por parte de las grandes empresas mineras de la actualidad, como el abuso, despojo, los desplazamientos forzados, la discriminación y la inseguridad, por mencionar algunos ejemplos; evidentemente esto requiere un trabajo de mayor profundidad y de ser posible en un contacto más cercano con la población afectada.

Debido a las limitantes que representa dicho análisis, para la presente investigación se realizó un primer reconocimiento a través de la visualización de la distribución de la población respecto a las minas según la proximidad entre ambas, considerando un radio de 0 a 1km de distancia; así como su población total, con base en los resultados del *Censo de Población y Vivienda 2020*, obtenidos del Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA, 2021), su población indígena, de la *Población indígena por localidad, 2010*, de INEGI, recuperada de CONABIO (2014a) y el tipo de población, urbana o rural, en donde las localidades son urbanas cuando su población tiene por lo menos 10,000 habitantes, ya que comúnmente las localidades menores a los 10, 000 habitantes no cuentan con los requisitos mínimos como servicios públicos de alumbrado, agua potable, drenaje, comunicaciones, y servicios médicos, sanitarios y de higiene suficientes (Whetten, 1948, citado por Gutiérrez de MacGregor, 2003) (Cuadro 3.6).

De ésta manera, se destaca que, 34 minas se encuentran cercanas a una o más de una localidad. De las 52 localidades asociadas con las minas, 47 de ellas son rurales, la localidad rural de menor población es La Matanza, Cananea, Sonora, con dos habitantes y se encuentra próxima a la mina Buenavista del Cobre; por el contrario, cinco son urbanas, la localidad más poblada es Victoria de Durango, Durango, con 616,068 habitantes, cercana a la mina Cerro del Mercado (CEMESA). Respecto a su ubicación, 31 de éstas localidades, más de la mitad, incluyendo casi todas las localidades urbanas de mayor población, están entre los 0-500 m de distancia; 12, entre los 500 m-1km; y nueve, a poco menos de 1km. Solo en 22 localidades, hay población indígena, donde la localidad con mayor población indígena, en total 5,034 habitantes, también es Victoria de Durango, Durango; mientras que Pánuco de Coronado, Durango es la de menor número de habitantes, con un total de dos.

Finalmente, las minas que poseen un mayor número de localidades cercanas son Magistral, Ocampo y Peñasquito (aunque en los tres casos son localidades pequeñas), con tres asentamientos en cada una. Cabe resaltar, que de los asentamientos próximos a las minas, los de menor población comúnmente corresponden a los pequeños grupos de trabajadores mineros, en tanto que, los grandes centros urbanos corresponden a las ciudades mineras que se formaron a la par del desarrollo de su mina vecina.

Cuadro 3.6. Asentamientos próximos a las minas

Municipio	Entidad federativa	Mina	Localidades	Pob. Total (2020)	Pob. Indígena (2010)	Tipo de pob.	Ubicación respecto a la mina
Asientos	Aguas-calientes	El Porvenir	Asientos	5,248	40	Rural	> 1km
Mulegé	Baja California Sur	El Boleo	Santa Rosalía	14,357	75	Urbana	500 m-1 km
		Guerrero Negro	Guerrero Negro	13,596	180	Urbana	0-500 m
		Isla San Marcos	Isla San Marcos	367	0	Rural	0-500 m
La Paz		San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)	San Juan de la Costa	146	6	Rural	0-500 m
Urique	Chihuahua	Cieneguita	Las Maravillas	5	25	Rural	500 m-1 km
			Cieneguita Lluvia de Oro	520	23	Rural	500 m-1km

Camargo		La Perla	La Perla	866	0	Rural	0-500 m
Ocampo		Ocampo	Melchor Ocampo	432	4	Rural	500 m-1 km
			Belén	60	0	Rural	500 m-1 km
Chínipas		Palmarejo	Palmarejo	197	0	Rural	0-500 m
			Los Desfiladeros	39	4	Rural	0-500 m
San Francisco del Oro		San Francisco del Oro	San Francisco del Oro	4,427	24	Rural	0-500 m
Sierra Mojada	Coahuila	Hércules	Hércules	4,573	8	Rural	0-500 m
Ocampo		Laguna del Rey	Laguna del Rey (Químicas del Rey)	2,369	15	Rural	0-500 m
			Chula Vista	1,840	0	Rural	0-500 m
Minatitlán-Cuahtitlán de García Barragán	Colima-Jalisco	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	Benito Juárez de Peña Colorada (El Poblado) (Minatitlán)	1,148	3	Rural	0-500 m
			Las Guásimas	32	0	Rural	0-500 m
Pánuco de Coronado		Avino y San Gonzalo	San José de Avino	868	0	Rural	0-500 m
			Pánuco de Coronado	1,442	2	Rural	500 m-1 km
Durango	Durango	Cerro del Mercado (GEMESA)	Victoria de Durango	616,068	5,034	Urbana	0-500 m
			José María Morelos y Pavón (La Tinaja)	1,140	0	Rural	> 1 km
Santiago Papatzi		Metates	Vascogil	436	0	Rural	500 m-1 km
Dolores Hidalgo	Guanajuato	Cerro del Gallo	El Refugio	98	0	Rural	500 m-1 km
Eduardo Neri	Guerrero	Los Filos-El Bermejil	Carrizalillo	1,533	0	Rural	0-500 m
			Mazapa	154	0	Rural	> 1 km

Molango de Escamilla-Lolotla	Hidalgo	Molango	Chiconcoac	516	6	Rural	> 1 km
			Tolago	915	22	Rural	> 1 km
Xochicoatlán		Nonoalco	Nonoalco	1,047	13	Rural	0-500 m
La Huacana	Michoacán	Inguarán-Malacate	Fincas de Inguarán	333	0	Rural	0-500 m
Lázaro Cárdenas		Las Truchas/Vista Hermosa	La Mira	12,845	144	Urbana	0-500 m
San Pedro Totolápan	Oaxaca	El Águila	San José de Gracia	615	220	Rural	> 1 km
Cerro de San Pedro	San Luis Potosí	Cerro de San Pedro	Cerro de San Pedro	97	0	Rural	0-500 m
			Nueva Zapatilla	203	0	Rural	0-500 m
Villa de la Paz-Matehuala		Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)	Villa de la Paz	3,701	0	Rural	0-500 m
			El Carmen	72	0	Rural	0-500 m
Mocorito	Sinaloa	Magistral	El Magistral	27	0	Rural	0-500 m
			El Potrero de las Perdices	31	0	Rural	500 m-1 km
		Magistral	Rincón de los Santos	12	0	Rural	0-500 m
Cananea		Buenavista del Cobre	Heroica Ciudad de Cananea	38,113	210	Urbana	0-500 m
			La Matanza	2	0	Rural	0-500 m
Álamos	Sonora	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)	El Tabelo (San José del Tabelo)	178	0	Rural	> 1 km
			Nuevo Piedras Verdes	305	3	Rural	> 1 km
La Colorada		La Colorada	La Colorada	394	0	Rural	0-500 m

Santa Cruz		Milpillas/Minera Parreña	Milpillas	304	0	Rural	0-500 m
Sahuaripa		Mulatos-Grupo Salamandra	Mulatos	10	0	Rural	0-500 m
Santa Ana-Benjamín Hill		San Francisco	Estación Llano	1,292	55	Rural	0-500 m
Ojocaliente-Luis Moya		El Coronel	Boquillas (Ojo Caliente)	83	0	Rural	0-500 m
			San Juan de Carboneras (San Juan Zinhaua)	351		Rural	> 1 km
Mazapil	Zacatecas	Peñasquito	Palmas Grandes	180	0	Rural	500 m-1 km
			Las Mesas (Mesas del Portezuelo)	226	0	Rural	500 m-1 km
			Los Charcos	58	0	Rural	500 m-1 km

Fuente: elaborado con base en CONABIO, 2014a y b; INEA, 2021; INEGI, 2010.

3.2.2. Actividad económica minera

En el segundo capítulo se presentó un panorama general de la situación de la minería nacional a lo largo del tiempo y, en este apartado se hace un mayor énfasis en el desarrollo actual de la actividad económica minera, la cual es de suma importancia en el país.

De acuerdo con el SGM (2019b), a nivel nacional, la producción minera metálica y no metálica aumentó de los 100 a los 800 millones de pesos entre el 2014 y el 2018; además para el 2018, a nivel mundial, México se posicionó como el principal productor de plata en el mundo (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Posición de México como productor de minerales metálicos y no metálicos a nivel mundial, 2018

Minerales metálicos	Minerales no metálicos
1° Productor de plata	-
	2° Productor de fluorita
-	3° Productor de wollastonita
4° Productor de bismuto	4° Productor de celestita
5° Productor de molibdeno y plomo	5° Productor de diatomita
6° Productor en cadmio, selenio y zinc	6° Productor de feldespato y yeso
7° Productor en oro	7° Productor de barita, y sal
9° Productor en cobre	-

10° Productor en tungsteno y manganeso	-
12° Productor en hierro	12° Productor de caolín y grafito

Fuente: elaborado con base en SGM, 2019b.

En cuanto a la importancia minera nacional e internacional, de las 66 minas analizadas, según el SGM (s.f. b y c) (Cuadro 3.8), son 45, más de la mitad, las que se consideran como tal, ya que 11 de ellas pertenecen a los 33 yacimientos de clase mundial del país; mientras que 43, forman parte de los 962 proyectos mineros de mayor importancia en México. De las 66 minas, 55 se encuentran en etapa de explotación, seis en desarrollo, cuatro en cierre de mina y de una se tiene duda sobre su estado.

Cuadro 3.8. Importancia mundial y nacional y etapa de explotación de las minas

Entidad federativa	Municipio	Mina	Yacimiento de clase mundial	Proyectos más importantes en México	Etapa
Aguascalientes	Asientos	El Porvenir	N/A (No Aplica)	Nacional	Explotación
Baja California	Mexicali	San Felipe	N/A	Nacional	Explotación
Baja California Sur	Mulegé	El Boleo	N/A	Nacional	Explotación
	Mulegé	Guerrero Negro	N/A	Nacional	Explotación
	Mulegé	Isla San Marcos	N/A	N/A	Explotación
	La Paz	San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)	N/A	Nacional	Explotación
Chihuahua	Urique	El Sauzal	Mundial	N/A	Cierre de mina
	Moris	Santa María de Moris	N/A	N/A	Duda
	Urique	Cieneguita	N/A	Nacional	Explotación
	Ocampo	Crestón Mascota	N/A	N/A	Explotación
	Madera	Dolores	Mundial	Nacional	Explotación
	Camargo	La Perla	N/A	Nacional	Explotación
	Ocampo	Ocampo	N/A	N/A	Explotación

	Chínipas	Palmarejo	N/A	Nacional	Explotación
	Ocampo	Pinos Altos	N/A	Nacional	Explotación
	San Francisco del Oro	San Francisco del Oro	N/A	Nacional	Explotación
Coahuila	Sierra Mojada	Hércules	N/A	N/A	Explotación
	Ocampo	Laguna del Rey	N/A	Nacional	Explotación
	Escobedo	Lampacitos/Lulú	N/A	N/A	Explotación
	Nava-Zaragoza	MICARE Mina VI y Tajo III	N/A	N/A	Explotación
	Múzquiz	San Carlos/MIMOSA VI	N/A	N/A	Explotación
Colima-Jalisco	Minatitlán-Cuautilán de García Barragán	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	N/A	Nacional	Explotación
Durango	Santiago Papasquiario	Metates	N/A	Nacional	Desarrollo
	Pánuco de Coronado	Avino y San Gonzalo	N/A	Nacional	Explotación
	Durango	Cerro del Mercado (CEMESA)	N/A	Nacional	Explotación
	San Juan del Río	El Castillo	N/A	N/A	Explotación
Guanajuato	Dolores Hidalgo	Cerro del Gallo	N/A	Nacional	Desarrollo
Guerrero	Pedro Ascencio Alquisiras	Capire/Aurora 1 (Mamatla)	N/A	Nacional	Explotación
	Eduardo Neri	Los Filos-El Bermejil	Mundial	Nacional	Explotación
Hidalgo	Molango de Escamilla-Lolotla	Molango	Mundial	Nacional	Explotación
	Xochicoatlán	Nonoalco	N/A	Nacional	Explotación
Jalisco	Cuautilán de García Barragán	El Ratón	N/A	N/A	Explotación

Michoacán	Aguila	Aguila	N/A	Nacional	Explotación
	La Huacana	Inguarán-Malacate	N/A	N/A	Explotación
	Lázaro Cárdenas	Las Truchas/Vista Hermosa	N/A	N/A	Explotación
Oaxaca	San Pedro Totolapa	El Águila	N/A	Nacional	Explotación
Querétaro	Pinal de Amoles-Peñamiller	Soyatal	N/A	N/A	Explotación
San Luis Potosí	Cerro de San Pedro	Cerro de San Pedro	N/A	N/A	Cierre de mina
	Villa de la Paz-Matehuala	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)	N/A	Nacional	Explotación
Sinaloa	Choix	Cuauhtémoc (María)/Paradox	N/A	N/A	Explotación
	Mocorito	Magistral	N/A	N/A	Explotación
Sonora	Álamos	Álamo Dorado	Mundial	N/A	Cierre de mina
	Altar	El Chanate	N/A	N/A	Cierre de mina
	Opodepe	El Crestón	N/A	Nacional	Desarrollo
	Yécora	Los Verdes/North	N/A	N/A	Desarrollo
	Soyopa	San Antonio/Luz del Cobre	N/A	Nacional	Desarrollo
	Cananea	Buenavista del Cobre	Mundial	Nacional	Explotación
	Trincheras	Cerro Colorado y El Boludo	N/A	Nacional	Explotación
	Cucurpe	Cerro Prieto (Grupo)	N/A	Nacional	Explotación
	Álamos	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)	Mundial	Nacional	Explotación
	Rosario	El Volcán	N/A	Nacional	Explotación
	Nacozari de García-Villa Hidalgo	La Caridad	Mundial	Nacional	Explotación

	La Colorada	La Colorada	N/A	Nacional	Explotación
	Caborca	La Herradura	Mundial	Nacional	Explotación
	Magdalena de Kino	Lluvia de Oro/La Jojoba	N/A	N/A	Explotación
	Cananea	María	Mundial	Nacional	Explotación
	Santa Cruz	Milpillas/Minera Parreña	N/A	Nacional	Explotación
	Sahuaripa	Mulatos-Grupo Salamandra	N/A	Nacional	Explotación
	Caborca	Nochebuena	N/A	Nacional	Explotación
	Hermosillo	Pilares	N/A	Nacional	Explotación
	Santa Ana-Benjamín Hill	San Francisco	N/A	N/A	Explotación
	Banámichi	Santa Elena	N/A	Nacional	Explotación
	Caborca	Soledad-Dipolos	N/A	Nacional	Explotación
Zacatecas	Concepción del Oro	Aranzazú (El Cobre)	N/A	Nacional	Desarrollo
	Ojocaliente-Luis Moya	El Coronel	N/A	N/A	Explotación
	Mazapil	Peñasquito	Mundial	Nacional	Explotación

Fuente: elaborado con base en SGM, s.f. b y c; Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019.

En cuanto al valor de la producción minera de metálicos y no metálicos, a nivel nacional, según el SGM (2019b), el valor más alto de la producción fue, principalmente, el del oro, los agregados pétreos, el cobre, el basalto, la caliza y la plata, dejando en último lugar a la riolita, la sal y el caolín. En el campo de las inversiones extranjeras, el 27.32 % se destina a Sonora, el 16.41 % a Chihuahua, el 12.54 % a Durango, el 12.03 % a Sinaloa, el 9.79 % a Zacatecas, el 7.14 % a Jalisco, el 4.08 % a Oaxaca, el 2.96 a Nayarit y el 2.96 % a San Luis Potosí; mientras que el país dominante en las inversiones, con el 66.53 % es Canadá, seguido de EUA con el 13.22 %, China con el 4.55 % y el resto se divide entre Australia, Corea del Sur, Japón, Reino Unido e Irlanda, España, Chile y Francia.

En las minas analizadas (Figura 3.11), México hace inversión solo en 28, menos de la mitad, lo que representa un 38 % de las inversiones totales; mientras que el resto, está a cargo de países extranjeros, encabezados por Canadá, involucrado en 27 de las minas, abarcando el 37 % de las inversiones extranjeras totales.

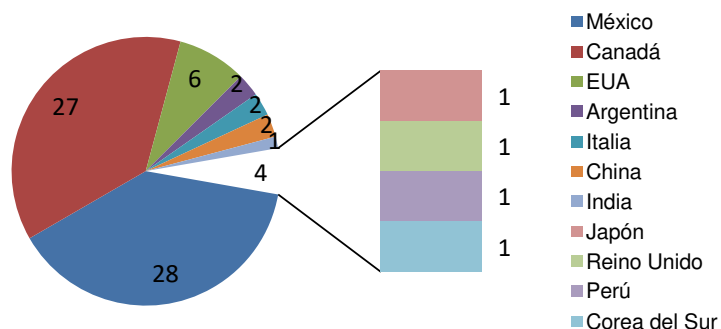


Figura 3.11. Número de inversiones por mina y por país de origen

Fuente: elaborado con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019.

A su vez, el SGM (2019b) enuncia que la etapa predominante de inversión de los proyectos principales en el país, es la exploración con un 50.13 %, seguido de la producción con el 8.33 %, la postergación con 36.92 %, el desarrollo con el 4.21 % y en cierre el 0.42 %. Según datos de FIFOMI (2018), existen 991 proyectos de capital extranjero, 665 en etapa de exploración, 45 en desarrollo, 107 en producción y 174 en postergación. En el caso de las minas analizadas, con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo (2018 y 2019) y en el SGM (s.f. c), se especifica que 34 de ellas están en etapa de explotación, 14 solo se sabe que están activas, siete en desarrollo, cuatro en exploración, dos en duda respecto a su actividad, dos en cierre de mina y dos en producción.

Finalmente, según datos del SGM (2019b), los proyectos por tipo de mineral predominantes en el país son, el oro y la plata con un 59.7 %, los polimetálicos con el 13.8 %, el cobre con el 15.5 % y el hierro con el 6.1 %. De las minas analizadas también destacan los proyectos de los metales como el oro, la plata y el cobre.

Capítulo 4. Identificación de los factores del impacto socio-ambiental de la minería a cielo abierto en el paisaje (metodología y aplicación)

A continuación se expone la metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación y posteriormente se presentan los resultados obtenidos a partir de dos aproximaciones utilizadas para analizar el paisaje: la visualización y la reconstrucción histórica, las cuales permitieron la identificación de los impactos ambientales más superficiales en el paisaje ocasionados por la minería a cielo abierto, así como sus factores de impacto, clasificados en **amenazas** según los fenómenos peligrosos que las conformaron; y en los factores socio-naturales **expuestos** a dichas amenazas y en los que ocurrieron dichos impactos.

4.1. Proceso metodológico ***Investigación bibliográfica***

- *Selección de las 66 minas de estudio.* Es necesario enfatizar que esta investigación deriva del capítulo *Impacto ambiental de la minería a cielo abierto* (Oropeza *et al.*, en prensa) del proyecto para el *Atlas de minería en México* (Sánchez-Salazar, en prensa), en el que se trabajó con minas a cielo abierto. Dicha selección se basó en la accesibilidad a la información histórico-minera y en la visualización de las minas en las imágenes satelitales de Google Earth y ArcMap.
- *Recopilación y revisión bibliográfica y hemerográfica teórico-metodológica y conceptual.* Para desarrollar el primer capítulo, se consultaron libros, capítulos, artículos y manuales técnicos. Inicialmente, se revisó la relación entre Geografía, ambiente y paisaje. Posteriormente, se hizo énfasis en el paisaje y sus metodologías de análisis. Por otra parte, se consultaron fuentes relacionadas con la evaluación del impacto ambiental y el riesgo, para definir los conceptos medio ambiente, impacto ambiental y los componentes del riesgo de desastres; así como sus metodologías de análisis. Finalmente, se examinó lo relacionado con la minería como un recurso natural, sus procesos industriales y sus impactos y efectos en el ambiente.
- *Recopilación bibliográfica y hemerográfica histórica minero-ambiental de México.* Para desarrollar el segundo capítulo, inicialmente se consultaron libros, capítulos, artículos, manuales técnicos, páginas oficiales y noticias periodísticas de diversos medios, sobre los registros de impactos y desastres socio-ambientales ocasionados por la minería, entre otros conflictos mineros, como los laborales o los

de inseguridad en México y en cada una de las 66 minas. A su vez, se examinó una base de datos de impactos y desastres mineros en México, obtenidos de DesInventar por Fernández y Arenas (2018-2019), también utilizada en el proyecto señalado.

- *Revisión y análisis cartográfico sobre las características físicas y socioeconómicas.* Se utilizó información de escala nacional 1:250,000 y 1:1, 000,000, obtenida principalmente de la cartografía temática de INEGI, reforzada con la cartografía y los anuarios estadísticos mineros del SGM y la cartografía de CONABIO. Los temas revisados fueron el relieve, la geología, las unidades climáticas, la hidrología, los suelos, el uso de suelo y vegetación, las zonas de protección y las localidades, estas últimas a escala 1:1. Cada tema fue analizado desde el contexto regional y local, en cada una de las minas seleccionadas.

Trabajo práctico

- *Uso de software con imágenes satelitales.* Debido a que es una investigación de escala nacional, no se realizó trabajo de campo. Sin embargo, el trabajo práctico se llevó a cabo a través de la visualización del paisaje de cada mina, por medio de las imágenes satelitales de Google Earth y ArcMap.
- *Trazado de los polígonos de las minas de estudio en Google Earth y ArcMap.* Inicialmente se corroboró la precisión de la localización de cada mina de estudio con base en los puntos vectoriales de las minas de Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo (2018-2019) y en los datos de ubicación de las minas obtenidos de las páginas oficiales. En algunos casos se rectificaron los puntos de localización de las minas, con la finalidad de tener mayor precisión al momento de visualizarlas y analizarlas.

Finalmente, se trazaron los polígonos tanto en Google Earth como en ArcMap para obtener la superficie ocupada por las minas, obteniendo dos polígonos para cada mina, los cuales al ser comparados entre sí, en algunos casos, mostraban diferencias debido a las fechas de actualización de las distintas imágenes satelitales. No obstante, estas superficies se promediaron para tener un mayor acercamiento a las hectáreas ocupadas. *Visualización de la modificación en el paisaje.* Una vez trazados los polígonos de las minas, desplegadas las capas vectoriales temáticas a escala 1:250,000 y 1:1, 000,000 tanto en Google Earth

como en ArcMap y seleccionadas las variables, se distinguieron las modificaciones en los factores socio-naturales visibles.

Elaboración de base de datos sobre:

- *Las minas seleccionadas y sus datos generales.* En primer lugar, de las bases de datos mineros de minas a cielo abierto, minas subterráneas y de otros procesos del país, elaboradas por Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo (2018-2019), se obtuvo información sobre el tipo de minado, el tipo de minerales de explotación, el tipo de beneficio, la empresa a la que pertenecen y el estatus de cada mina de estudio. A su vez, esa información se complementó con datos del SGM (s.f. a, b y c), así como de las páginas web oficiales disponibles.
- *Datos históricos minero-ambientales.* Después de obtener la información de interés sobre los acontecimientos más significativos de la actividad minera desde sus inicios hasta la actualidad, algunos registros relevantes sobre impactos y desastres ambientales y algunos conflictos mineros de México, cada dato con referencia a su autor; ésta se ordenó cronológicamente y se clasificó en grandes periodos representativos, con la finalidad de sintetizar la información para posteriormente procesarla, redactarla y representarla gráficamente.
- *La caracterización geográfica.* Para realizar esta base de datos, inicialmente se desplegaron las capas vectoriales a escala 1:250,000 en ArcMap sobre geología, hidrología, suelos, uso de suelo y vegetación y ANP; mientras que a escala 1:1,000,000 se desplegaron las capas sobre provincias fisiográficas, sistemas de topoformas, AICAS, RAMSAR y RTP y a escala 1:1 las localidades. Posteriormente se capturaron por tema, las características geográficas de cada mina de acuerdo a su localización.
- *Los impactos ambientales en el paisaje visual.* Inicialmente se determinaron las distintas variables en las que se podían identificar los impactos a simple vista. Posteriormente, en cada mina, se registró cuál de estas variables había sido impactada.
- *Los impactos y desastres socio-ambientales a partir de la reconstrucción histórica.* Se utilizó la base de datos de Desinventar procesada por Fernández y Arenas (2018-2019) para elaborar una nueva base con sus registros y nuevos datos sobre impactos y desastres ambientales mineros en México. Es importante aclarar que

en la base de datos capturada de DesInventar, la columna llamada *evento*, que se refiere a inundaciones, explosiones, etc., se retomó en la nueva base de datos para clasificar dichos eventos en fenómenos peligrosos y posteriormente en tipos de amenaza, de acuerdo con lo establecido por la Ley General de Protección Civil (2021), CENAPRED (2014), Lavell (s.f.) y la UNISDR (2009).

Procesamiento de la información

- *Elaboración de gráficos.* Consistió en procesar la información de las bases de datos para sintetizarla en gráficas de columna, de barra y de pastel, con la finalidad de representar y comparar el panorama en el que se lleva a cabo la minería a cielo abierto en el país, según su periodo histórico, sus características geográficas, sus impactos ambientales, sus fenómenos peligrosos, sus amenazas y los elementos expuestos a dichas amenazas y que a su vez reciben el impacto.
- *Elaboración de cartografía.* Para la realización de la cartografía del tercer capítulo sobre la caracterización geográfica de las minas, los mapas principales se elaboraron a escala 1:8, 500,000 y sus mapas de apoyo a escala 1:3, 500,000. Para una mejor claridad en la representación de las características geográficas en el mapa, la información vectorial temática se representó principalmente, a escala 1:1, 000,000; cuando fue posible, se utilizó a escala 1:250,000.
Para la realización de la cartografía del cuarto capítulo, se elaboraron tablas de atributos para poder representar con gráficos de pastel los tipos de impactos ambientales, las características mineras que representan una amenaza, los fenómenos peligrosos y los factores expuestos, en cada mina. Los mapas principales se realizaron a escala 1:8, 500,000.

4.2. Impactos socio-ambientales en el paisaje por la minería a cielo abierto

Para conocer los impactos socio-ambientales que ha ocasionado la minería a cielo abierto en México, se recurre al paisaje como la unidad espacial de análisis a partir de las dos aproximaciones siguientes:

1. *El paisaje visual.* Aproximación que permite interpretar al paisaje a través de la imagen percibida del aspecto externo de un área o territorio, según Mateo (2002), también conocido como fenosistema (Bertrand y Dollfus, 1973, citado por García y Muñoz, 2002). Se visualizó y analizó el paisaje de las minas a través de imágenes

satelitales de Google Earth y ArcMap con la finalidad de identificar, a simple vista, las modificaciones del paisaje y los factores socio-naturales expuestos e impactados.

2. *Retrogresiva*. Aproximación al paisaje, según Galochet (2009), a través de la cual se realizó la reconstrucción histórica minero-ambiental de las minas con la finalidad de identificar los tipos de impactos y desastres socio-ambientales que han existido, así como los tipos de fenómenos peligrosos y de amenazas que los conformaron. Para esta reconstrucción se utilizó como guía para la identificación de dichos fenómenos y amenazas, la base de datos de desastres mineros en México elaborada por Fernández y Arenas (2018-2019) a partir de la base de DesInventar, la cual se actualizó y se modificó. Cabe resaltar, que de acuerdo con DESINVENTAR, 2020, su sistema se define de la siguiente forma:

Sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con bases de datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina [...]. Esta concepción, metodología y herramienta de software [...] se denominan Sistema de Inventario de Desastres [...]. Sus bases de datos contienen datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres.

Por la accesibilidad que se tuvo a la información a escala nacional sobre los impactos socio-ambientales por la minería de todo tipo en México, además de los resultados obtenidos para la minería a cielo abierto, se pudo lograr un panorama general del comportamiento de los impactos socio-ambientales a escala nacional, lo cual enriqueció el análisis a partir de esta aproximación retrogresiva que tiene lugar desde el periodo colonial (1630), hasta el periodo actual del extractivismo y la megaminería (2020).

Con base en lo anterior, a continuación se exponen los impactos socio-ambientales identificados en el paisaje a través de la aproximación al paisaje visual y de la reconstrucción histórica minero-ambiental respectiva de cada mina. En cuanto a la tipología de dichos impactos, de acuerdo con Conesa (1993), únicamente se hizo énfasis en su *variación* y en su *extensión*, es decir, de la primera tipología, se revisaron los impactos negativos y de la segunda, los impactos puntuales; el resto de las tipologías se descartaron, ya que se necesita de indicadores y variables que se puedan cuantificar a través de datos numéricos, los cuales no son suficientes a partir de la visualización y la

reconstrucción histórica de los impactos socio-ambientales en el paisaje. No obstante que las variables de impacto se valoraron desde criterios de juicio de expertos y cualitativos, estos pudieron ser procesados de forma cuantitativa en relación con la suma de variables en las que se encontraron impactos socio-ambientales.

Impactos socio-ambientales identificados en el paisaje visual

Para identificar dichos impactos en el paisaje visual por la minería a cielo abierto, se hizo una revisión de los tres grandes sistemas visibles dentro del paisaje y sus factores físicos, bióticos, socio-económicos y culturales, enlistados por Conesa (1993). A su vez, el análisis se enriqueció con el despliegue de la información temática vectorial correspondiente, a escala 1:250,000 y 1:1, 000,000.

Posteriormente, se retomaron algunas de las variables utilizadas por Oropeza *et al.*, (en prensa) para la calificación del impacto ambiental, de las cuales se tuvieron en cuenta aquellas en las que se pudieran observar a simple vista algunas modificaciones en los sistemas y factores socio-naturales del paisaje, de esta manera, en el Cuadro 4.1, se enlistan las 14 variables con las que se pudieron visualizar los impactos socio-ambientales.

Cuadro 4.1. Sistemas y factores impactados según la visualización del paisaje

Sistema	Factores	Variables
Medio físico	Relieve	1.Localización de la mina sobre el relieve
		Descapote
		2. Acumulación 3.Depresión
	Hidrología	4.Alteración de la dinámica fluvial
		5.Cuerpos de agua
		6.Acueducto superficial
Suelos	7 y 8.Superficie ocupada (ha)	
Medio biótico	Uso de suelo y vegetación	9.ANP
	Zonas de protección	10.RTP
		11.Sitios RAMSAR
		12.AICA
Medio socio-económico y cultural	Localidades	13.Rural
		14.Urbana

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020; ArcMap, 2020; Conesa, 1993 y Oropeza *et al.*, en prensa.

Para comenzar el análisis visual de los impactos socio-ambientales en el paisaje, como ya se mencionó en la metodología, en primer lugar, se delimitó el polígono de cada mina, tanto en las imágenes satelitales de Google Earth, como en las de ArcMap, para así calcular su superficie ocupada en hectáreas, las cuales se promediaron para obtener una sola aproximación. Esto se realizó con la finalidad de obtener un indicador de la modificación del suelo, del uso del suelo y de la vegetación, principalmente y para equiparar la extensión del impacto ambiental ya hecho en el paisaje.

De esta manera, el análisis del medio físico inició con la revisión de la localización de las minas sobre el relieve considerada como indicador de la modificación del mismo por la remoción de material para la construcción de la mina, el descapote y la creación del tajo abierto. Otro indicador, es la creación de nuevas formas de relieve dentro y fuera de la mina, que son las acumulaciones de material y las depresiones u oquedades en la superficie.

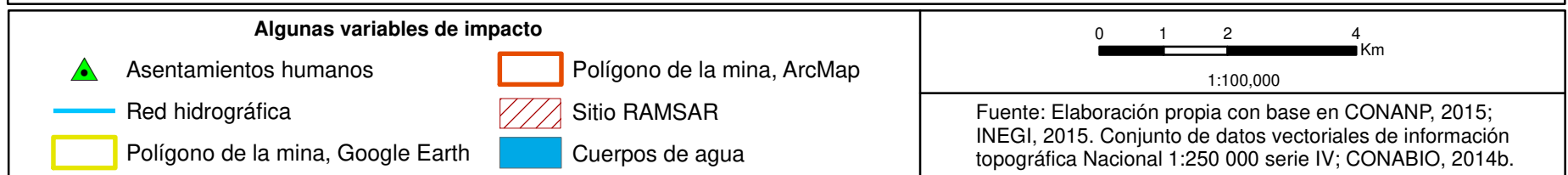
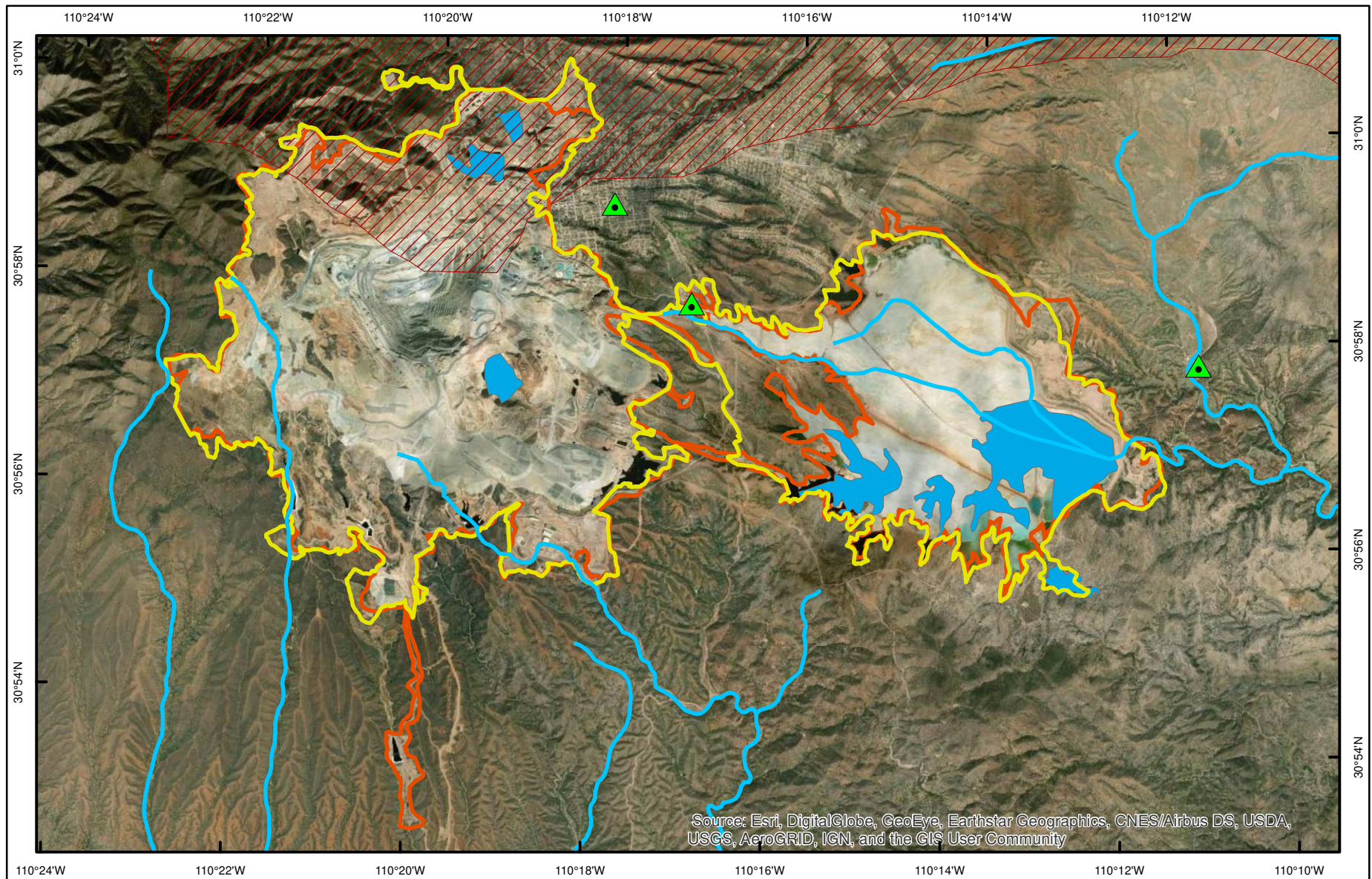
De la hidrología, se observó si existe alteración de la dinámica fluvial a partir de la localización de las minas respecto a los ríos y arroyos, ya sea sobre ellos o en sus márgenes; lo mismo con cuerpos de agua y acueductos superficiales; en este caso el indicador de la alteración de la dinámica fluvial es la interrupción o desviación del curso de dichas corrientes superficiales.

En cuanto a los suelos, como ya se indicó, únicamente se tomó en cuenta la superficie ocupada por la mina en hectáreas, la cual de forma intrínseca modifica la naturaleza de los suelos sobre los cuales se construyó, inicialmente por la remoción del mismo.

Del medio biótico, el uso de suelo y vegetación, se revisó de la misma forma que los suelos, a partir de la superficie ocupada por la mina en hectáreas, pues igualmente ésta remueve la vegetación, que a su vez repercute directamente en los suelos al dejarlos desprotegidos. Además, también se consideraron las zonas de protección, como las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), los sitios RAMSAR y las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA), para revisar si la mina se localiza dentro de uno o en varios tipos de estas zonas de protección, si es el caso aunque la actividad esté permitida o no dentro de las mismas, es indicador de que ya existe un impacto al ocupar un espacio destinado a la conservación.

Finalmente, del medio socio-económico y cultural, se tomaron en cuenta las localidades próximas a la mina (sin importar el número mínimo de habitantes) y el tipo de localidad (rural o urbana). La población es importante de considerar en términos de vecindad con la actividad minera, ya que como se vio en el segundo capítulo, suelen ser asentamientos que crecen a la par de la mina y que también pueden ser parte del impacto al medio físico y biótico, por el crecimiento de sus localidades y el desarrollo de sus actividades de sustento.

Para ejemplificar como se visualizaron estas variables en el paisaje, se muestra la mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora, en el Mapa 4.1, la cual se seleccionó por ser la mina con mayor número de variables impactadas, en total 12 de las 14 planteadas en el Cuadro 4.1. En esta figura se observa el perímetro del polígono de la superficie ocupada por la mina tanto en Google Earth, como en ArcMap, lo que se traduce como un impacto puntual en los suelos y en la vegetación; del relieve, se aprecia que es de tipo montañoso, por lo tanto hay modificaciones en la serranía, a su vez se distinguen algunas de sus formas de relieve artificiales al interior de la mina, como las acumulaciones y las depresiones, mostradas de forma específica en la Figura 4.1; de las zonas de protección, se observa que se localiza en la parte sur de un sitio RAMSAR, donde cabe aclarar que por cuestiones de representación solo se desplegó esa zona de protección, sin embargo esta mina se localiza también dentro de una AICA y una RTP; finalmente se evidencian los asentamientos en términos de cercanía y tamaño, principalmente con la Heroica Ciudad de Cananea, Cananea, Sonora, la segunda ciudad minera más poblada en este análisis.



4.1. Visualización de algunas variables de impacto socio-ambiental en el paisaje, mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora



Figura 4.1. Visualización de acumulaciones y depresiones, mina Buenavista del Cobre, Cananea, Sonora

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

Una vez explicadas y ejemplificadas las variables que se pudieron revisar en cada mina de estudio, en el Cuadro 4.2, con base en la clasificación de Vadillo (s.f.) y la de Coll-Hurtado *et al.*, (2002), se enuncian de forma general, los tipos de impactos identificados en las minas y las causas de los mismos, en los que destacaron los impactos sobre la tierra y los impactos sobre la flora y la fauna.

Cuadro 4.2. Tipos de impactos socio-ambientales de las minas identificados en el paisaje visual

Tipos de impactos	Causas
Impactos sobre la tierra	Modificación en la morfología del relieve por la remoción de material estéril, el descapote, las acumulaciones y las depresiones.
	Modificación de la hidrología con la alteración de la dinámica fluvial.
	Asentamientos humanos próximos a las minas.
Impactos en la flora y fauna	Pérdida y/o modificación del suelo y la vegetación.
	Ocupación de un espacio destinado a la conservación. Asentamientos humanos próximos a las minas que contribuyen a la pérdida y/o modificación del suelo y la vegetación.

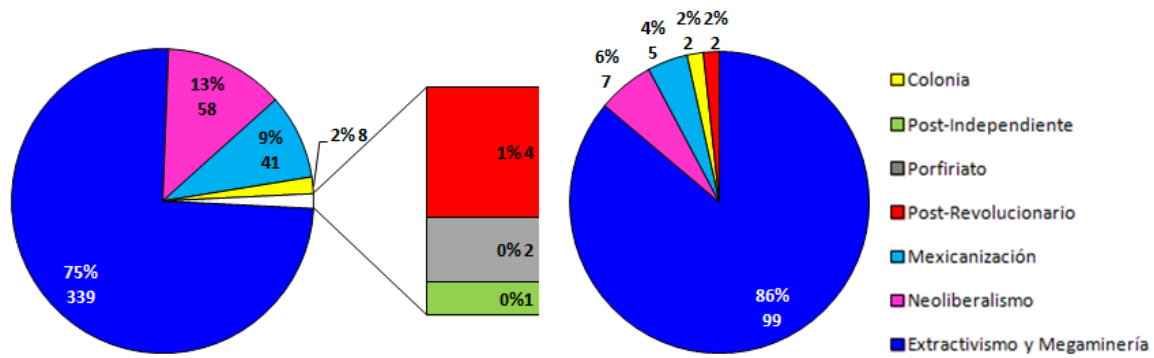
Fuente: elaboración propia con base Google Earth, 2020; ArcMap, 2020; Vadillo, s.f.; Coll-Hurtado *et al.*, 2002.

Impactos socio-ambientales identificados a través de la reconstrucción-histórica

De acuerdo con los registros encontrados sobre dichos impactos por la minería de todo tipo en México y en las minas a cielo abierto, estos han ocurrido desde el periodo colonial (desde 1630) hasta el periodo actual del extractivismo y la megaminería (hasta 2020). En la Figura 4.2a, se aprecia que los 453 registros de impactos socio-ambientales por todo tipo de minería en México, tienen lugar en siete de los diez periodos en los que se dividió la historia minero-ambiental de México, de los cuales 115 registros, es decir el 25%, pertenecen a 32 de las 66 minas a cielo abierto analizadas, presentados en la Figura 4.2b, ocurridos solo en la mitad de los periodos.

Precisamente, de las minas estudiadas, uno de los primeros registros que se tiene de impactos socio-ambientales por la minería, corresponde a la mina Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, que ya se encontraba en actividad desde el periodo colonial. No obstante, es hasta el periodo post-revolucionario que nuevamente hay registros de impacto ambiental, por un largo tiempo no se tienen registros posteriores hasta el periodo de la mexicanización, ausencia que se explica a través de diversas causas: inicialmente las minas fueron en su mayoría subterráneas, hubo un periodo de inactividad y rehabilitación de la minería debido a la Guerra de Independencia y a la Revolución Mexicana, había limitantes en las inversiones extranjeras respecto a la minería nacional, así como un rezago tecnológico en las innovaciones metalúrgicas, o simplemente, no se registraron los eventos o impactos.

En el periodo de la mexicanización nuevamente comenzó a crecer la minería nacional, sin embargo en los dos periodos siguientes a partir de la entrada en vigor del TLCAN de 1994, sobre todo en el actual, del extractivismo atroz y la megaminería, se acentuaron aceleradamente las inversiones extranjeras en la participación del desarrollo de la minería nacional, lo que dio paso a las innovaciones tecnológicas y metalúrgicas y al impulso de otros métodos para la extracción de los minerales. De esta manera, aunque algunas de las minas no siempre fueron a cielo abierto o al menos no a gran escala, se convirtieron a este tipo de minado o se extendieron, por lo tanto sus impactos socio-ambientales también se incrementaron notoriamente, tal como se aprecia en la Figura 4.2, y en la Figura 4.3, donde es visible que el periodo actual del extractivismo y la megaminería es el que mayor número de registros de impactos tiene hasta el momento.



a. Impactos ambientales por la minería en México

b. Impactos ambientales de las minas a cielo abierto

Figura 4.2. Porcentaje y número de impactos socio-ambientales en México por periodo (1630-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

De forma particular, la mina con mayor número de periodos en los que se presentaron impactos socio-ambientales es Molango, Hidalgo, desde el periodo Post-Revolucionario (1917) hasta el periodo actual (2000) (Figura 4.3), seguido de la mina Peña Colorada, Colima-Jalisco, desde el periodo de la mexicanización (1962) hasta el periodo actual (2000). Por otra parte, solo las minas Buenavista del Cobre, Sonora; Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, (con el registro de impacto más antiguo), Guerrero Negro, Baja California Sur; Nonoalco, Hidalgo; y Santa María de la Paz, San Luis Potosí, han tenido registros de impactos socio-ambientales en más de un periodo; mientras que el resto de las minas, solo tienen registros de impactos en el periodo actual.

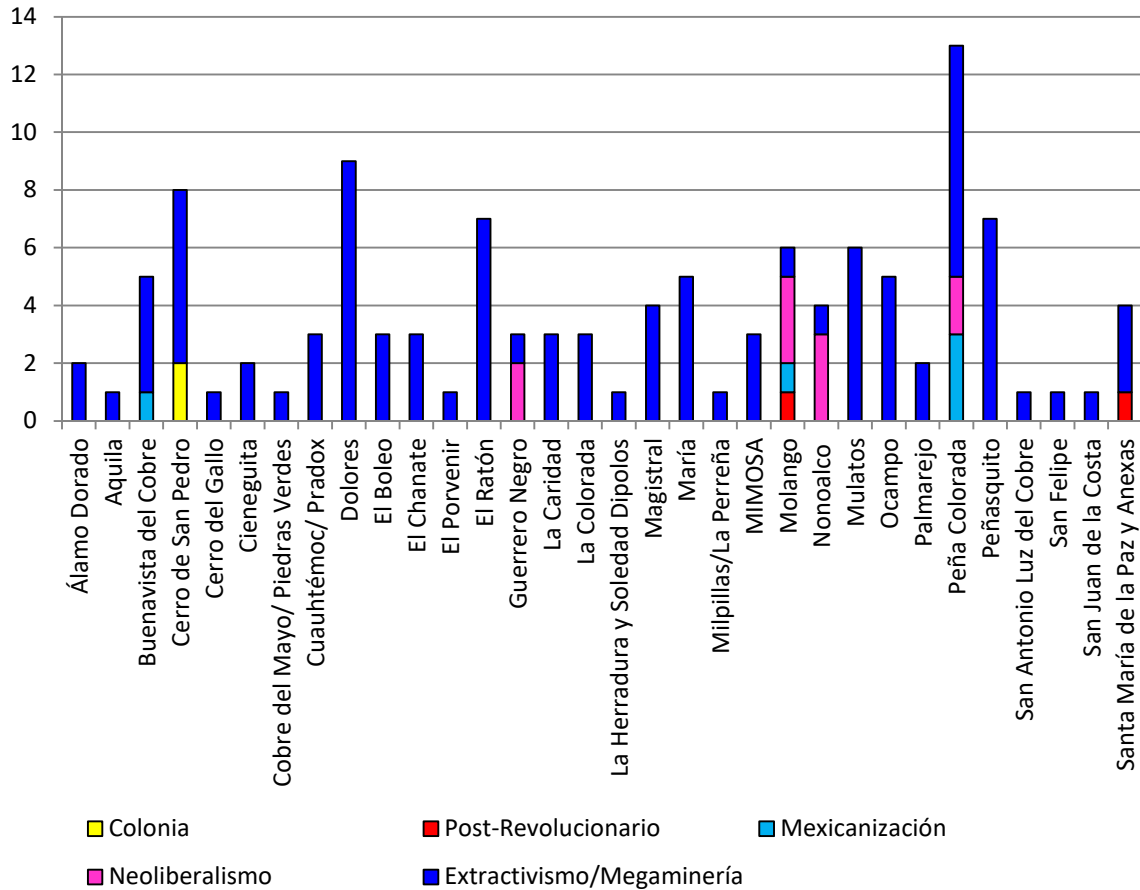


Figura 4.3. Número de impactos socio-ambientales en las minas a cielo abierto por periodo (1630-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Una vez realizado el análisis sobre la ocurrencia de los impactos y desastres socio-ambientales derivados de la minería a través del tiempo en México, se clasificaron de manera general, con base en Vadillo (s.f.) y Coll-Hurtado *et al.*, (2002), en grandes grupos, a partir del reconocimiento de sus causas y consecuencias en el paisaje, tal como se muestra en el siguiente Cuadro (4.3).

Cuadro 4.3. Tipos de impactos y desastres socio-ambientales de las minas a cielo abierto identificados en la reconstrucción histórica

Tipo de impacto	Causas y consecuencias	
Impacto atmosférico	Incendios, contaminación por gases tóxicos, emisiones de humo y polvo en la atmósfera.	Daño ambiental
Impacto por ruido y vibraciones	Explosiones, ruido por el uso de dinamita, vibraciones y daños en la infraestructura de las viviendas.	
Impacto sobre la tierra	Movimientos de masa, inestabilidad del terreno, hundimientos, incendios, derrames, desechos tóxicos, sustancias químicas, residuos sólidos y contaminación del suelo.	
Impacto sobre las aguas	Extractivismo de agua para usos mineros, derrames/fugas/escapes, desechos tóxicos, sustancias químicas, residuos sólidos y contaminación de agua.	
Impacto sobre la flora y la fauna	Cambio de uso de suelo, deforestación, incendios, derrames, desechos tóxicos, sustancias químicas, residuos sólidos, daños en los ecosistemas y en su hábitat, muerte de animales y especies en peligro de extinción amenazadas.	
Impacto socio-económico y cultural	Impactos a la población local y comunidades indígenas por inundaciones y derrames, daños en la seguridad, accidentes mineros, colapso estructural de la mina, daños estructurales en las viviendas, reubicaciones y/o desplazamientos, discriminación laboral por parte de las empresas mineras, cambio en el uso de suelo, repercusiones negativas en las actividades económicas, incendios y daño a la salud por sustancias tóxicas, desechos tóxicos y residuos sólidos, por inhalación de gases, intoxicaciones, epidemias, entre otras enfermedades.	

Fuente: elaboración propia con base en Vadillo s.f.; Coll-Hurtado *et al.*, 2002; Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Origen de los impactos socio-ambientales

Una vez identificados los impactos socio-ambientales que ocurren en el paisaje a través de la visualización del mismo y que se reforzaron con los impactos encontrados en los registros a través del tiempo, de acuerdo con SEMARNAT (2018) y Mateo (2002), a cada aproximación se le asignó un origen de sus impactos, como se muestra en el siguiente Cuadro (4.4).

Cuadro 4.4. Origen de los impactos socio-ambientales según los resultados obtenidos por aproximación al paisaje

Aproximaciones al paisaje	Origen de los impactos	
Paisaje visual	Ocupación del territorio	Aprovechamiento del recurso mineral
Reconstrucción histórica minero-ambiental	Operación-Contaminación	

Fuente: elaboración propia con base en SEMARNAT, 2018; Mateo, 2002.

Para ambas aproximaciones (Cuadro 4.4), la ocupación del territorio por parte de las construcciones artificiales para llevar a cabo las actividades mineras y aprovechar el recurso mineral, así como la construcción de los asentamientos vecinos, como las ciudades mineras, son el origen primordial de los impactos socio-ambientales encontrados

a simple vista en el paisaje. Tanto las minas como algunos de sus asentamientos vecinos, han evolucionado con el tiempo y en la mayoría de los casos se han extendido paralelamente, un ejemplo de ello es el de la mina Cerro del Mercado y su ciudad Victoria de Durango, Durango, ambas comenzaron desde el periodo colonial y continúan vigentes.

En cuanto a la aproximación al paisaje visual, de acuerdo con Vadillo (s.f.), estos son impactos paisajísticos-visuales, en los que se aprecia una apariencia modificada en comparación con su entorno natural o con otro uso de suelo, como el agrícola, pues gracias a esta dimensión observable, se puede deducir lo que acontece en el resto de un sistema natural, ya que es el reflejo de la calidad y fragilidad del paisaje, los cuales necesitan analizarse con mayor detalle. Retomando lo dicho por Mateo (2002), de los impactos paisajísticos-visuales, los cambios principales en las funciones de los sistemas naturales son la reducción de territorios libres y el crecimiento del área de territorios alterados; la reducción de las áreas de paisajes vírgenes, y el decrecimiento de la biodiversidad, tal es el caso de la remoción de suelo y vegetación o los registros históricos en donde se indica la muerte de especies en peligro de extinción y ganado, lo que repercute en la función de conservación del genofondo.

Respecto a los impactos socio-ambientales en los registros históricos minero-ambientales, sus orígenes principales se encuentran en la misma operación minera, la cual consiste en la extracción y tratamiento de minerales, donde la contaminación del suelo, del agua y/o del aire por parte de estas actividades se diversifica en nuevos impactos, por ejemplo: es común que por el derrame de sustancias tóxicas provenientes de una presa de jales de una planta de tratamiento, ésta se rompa y al desbordarse, contamine un río y/o el suelo, hasta llevar consigo consecuencias a la salud de los ecosistemas de su alrededor y/o de sus poblaciones vecinas. Contrario a los impactos paisajísticos-visuales, estos impactos no son visibles de forma explícita en el paisaje, sin embargo se pueden conocer a partir de los testimonios y registros hechos por las poblaciones afectadas; así como por los estudios científicos, las denuncias de las organizaciones ambientales y los medios de comunicación. Con base en Mateo (2002), los cambios y consecuencias ambientales principales de los impactos por operación y contaminación, se encuentran en el “empeoramiento de la salud de la población” y de los ecosistemas.

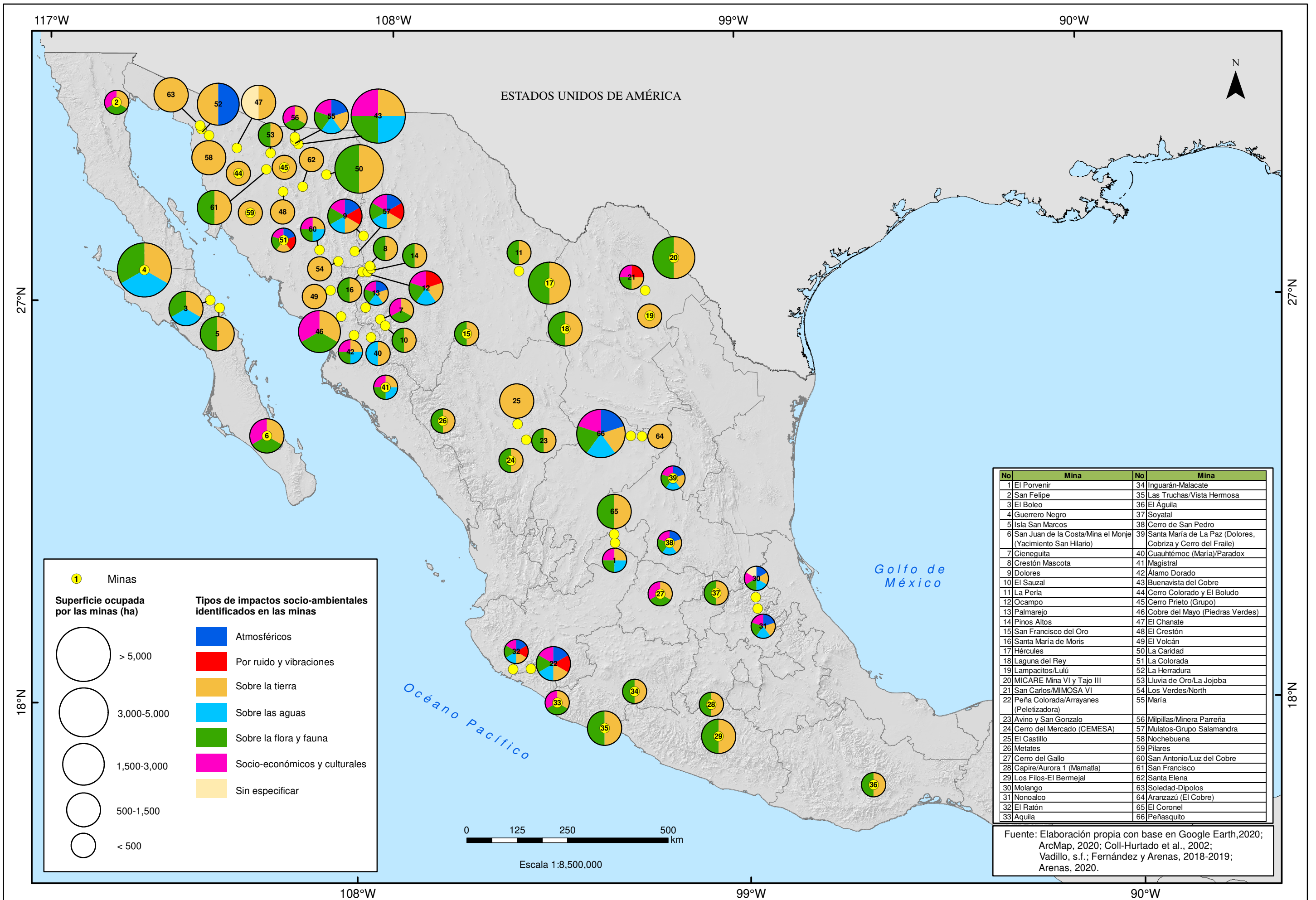
Finalmente, como se pudo observar en los impactos socio-ambientales identificados a través de las dos aproximaciones; los asentamientos humanos y la población e incluso las mismas actividades y empresas mineras, pueden impactar a su entorno y también pueden

recibir el impacto de su entorno, tal como lo indican los influjos de aptitud de Gómez y Gómez (2013). Por ejemplo, en los impactos identificados en el paisaje visual, las minas y los asentamientos humanos se pueden considerar participes en el impacto sobre las tierras y sobre la flora y la fauna, ya que ocupan un territorio y construyen infraestructura dentro del paisaje; sin embargo, en los impactos identificados a partir de la reconstrucción histórica, la población y los asentamientos humanos también se han vistos afectados social, económica y culturalmente, sobre todo por la exposición a la que se encuentran al localizarse próximos a una mina cuando ocurre un movimiento de masa, una explosión que afecta la infraestructura de sus viviendas, cuando se desborda o rompe alguna presa de jales y se genera una inundación o, cuando por medio de la contaminación, se ven dañadas sus actividades económicas como la agricultura e incluso su salud. Lo mismo ocurre con las minas, cuando éstas reciben algún impacto económico a causa de una inundación, un accidente o un colapso estructural que dañe la integridad de sus trabajadores, su infraestructura y les implique gastos en reparaciones.

Tipos de impactos socio-ambientales por mina

Como ya se mencionó , a través de las dos aproximaciones al paisaje, se encontraron al menos seis tipos de impactos socio-ambientales ocasionados por la minería a cielo abierto en México: impactos atmosféricos, impactos por ruido y vibraciones, impactos sobre las tierras, impactos sobre las aguas, impactos sobre la flora y la fauna e impactos socio-económicos y culturales, los cuales se muestran por mina en el Mapa 4.2, donde el tamaño de los círculos está determinado por la superficie ocupada de las minas. Cabe aclarar que los impactos representados en el mapa sobre el suelo y sobre la flora y fauna, son aquellos que corresponden a los registros históricos, ya que los visuales, es decir, la remoción del suelo y de la vegetación, están implícitos en los círculos que representan la superficie ocupada por la mina.

De los cinco rangos de superficie ocupada por hectáreas (ha), divididos por el método Natural Breaks en ArcMap, mostrados en el Mapa 4.2, se observa que 41 minas, la mayoría, ocupan un área menor a las 500 ha; 17, entre las 500-1,500 ha; cuatro, entre las 1,500-3,000 ha; dos, entre las 3,000-5,000; y dos, Buenavista del Cobre, Sonora y Guerrero Negro, Baja California Sur, poseen una superficie mayor a las 5,000 ha. En cuanto los impactos socio-ambientales, las minas Peña Colorada, Dolores, Mulatos, Molango y El Ratón, son las que han ocasionado los seis tipos de impactos socio-ambientales en el paisaje, las cuales no son precisamente las de mayor superficie.



4.2. Impactos socio-ambientales, minas a cielo abierto (1630-2020)

4.3. Factores de impacto socio-ambiental por la minería a cielo abierto

Después de conocer los tipos de impacto socio-ambiental, en este apartado se distinguieron dos grupos de factores principales que los ocasionaron, el de la amenaza y el de la exposición. A través de la reconstrucción histórica y el desglose de la información minera de cada mina, se identificaron los fenómenos peligrosos o amenazas. Asimismo, a través de ambas aproximaciones, se desprenden los factores socio-naturales que estuvieron expuestos a dichos fenómenos peligrosos o amenazas, en donde finalmente se efectuó el impacto.

4.3.1. Factores de amenaza

La revisión de los factores socio-naturales que han sido impactados por la minería a cielo abierto a través de la reconstrucción histórica y la información minera, permitió identificar en este apartado el primer factor que contribuyó para que dichos impactos ambientales se perpetraran: la amenaza.

Para identificar las amenazas; inicialmente se aplicó la metodología de Oropeza *et al.*, (en prensa), que consistió en clasificar el tipo de eventos (que de acuerdo con DesInventar y las fuentes hemerográficas, propiciaron el impacto o el desastre socio-ambiental) dentro de los fenómenos peligrosos propuestos por la Ley General de Protección Civil (2021) y CENAPRED (2014); para posteriormente asignarlos a un grupo de amenaza, con base en la clasificación de Lavell (s.f.) y de la UNISDR (2009).

Los resultados de esta recopilación de registros de impactos socio-ambientales por la minería de todo tipo en México y por la minería a cielo abierto fueron básicamente los mismos, por lo tanto para ambos casos, en la Figura 4.4, se presenta de manera general, la clasificación de los fenómenos peligrosos por grupo de amenazas. En esta figura, se aprecia la predominancia de las amenazas de tipo antrópicas, donde los fenómenos químico–tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos, en su mayoría, provienen de las empresas y actividades mineras. En cuanto a las amenazas de origen natural, estas se caracterizan generalmente, por los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, los cuales suelen ser inducidos, desencadenados o acelerados por el humano por lo cual también se les considera socio-naturales cuando estos se presentan en una zona en la cual la localización de la mina y sus condiciones geográficas, repercuten en la estabilidad del terreno, lo cual culmina en algún impacto.

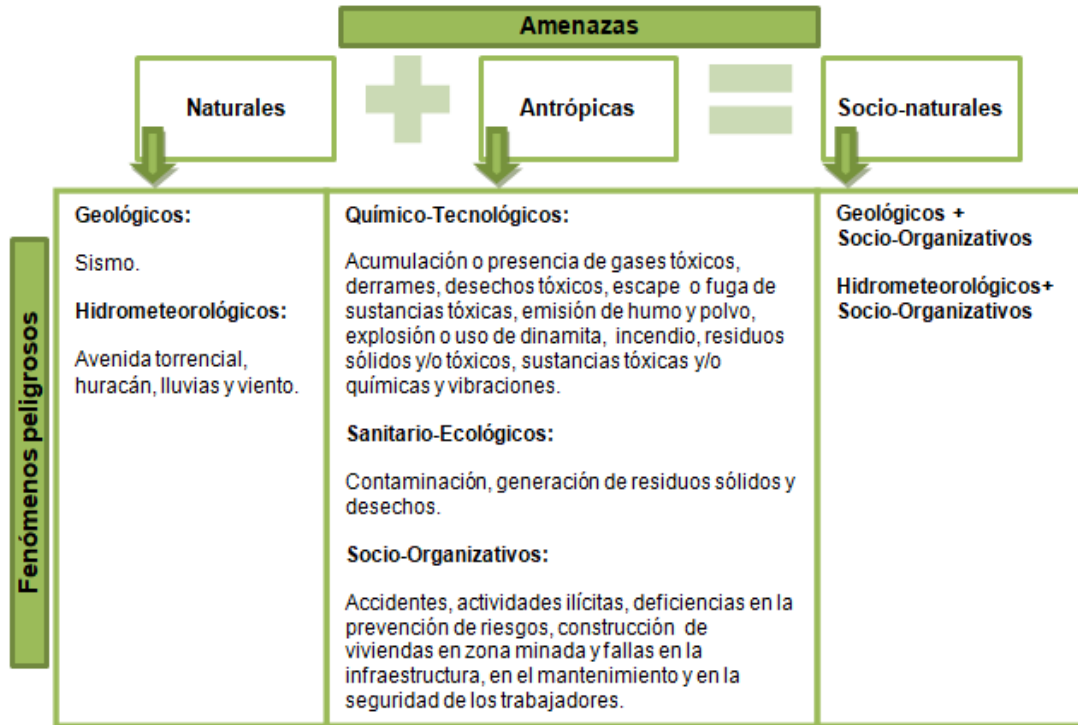


Figura 4.4. Fenómenos peligrosos por tipo de amenaza en México y en las minas a cielo abierto (1630-2020)

Fuente: elaboración propia con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Como ya se mencionó, las amenazas antrópicas provienen de las actividades y empresas mineras, en donde según Coll-Hurtado *et al.* (2002), el conocimiento de las características geográficas del sitio y de los fenómenos naturales peligrosos, el tipo de minado, la dimensión de la explotación, la antigüedad de la explotación, el mineral explotado, el tratamiento del mineral y el destino de los residuos finales, son factores socio-naturales fundamentales que se deben conocer para entender por qué las minas a cielo abierto han sido un factor de amenaza en la ocurrencia de los impactos socio-ambientales ya mencionados. Por lo tanto, en los siguientes párrafos, con base en los resultados obtenidos, se especifica el origen y los tipos de fenómenos peligrosos o amenazas de cada mina.

En cuanto a las *características geográficas del sitio*, estas se revisaron en el tercer capítulo. De manera general y con base en los registros, las amenazas naturales más importantes para la minería son propiciadas principalmente por dos grupos de fenómenos peligrosos del medio físico: los geológicos, en este caso los sismos; y los hidrometeorológicos, como las lluvias, las avenidas torrenciales y las inundaciones. No obstante, estas amenazas naturales por si solas no generarían algún tipo de impacto

socio-ambiental por la minería si la mina no existiera, por lo tanto para que eso suceda existió algún fenómeno del medio social que la involucró. En este caso las actividades mineras se asocian a fenómenos socio-organizativos, donde comúnmente no se toman en consideración las características geográficas del paisaje en el que se van a localizar las minas y las amenazas que puedan representarles algún riesgo, como las ya mencionadas, lo cual también es indicador de la falta de prevención de riesgos por parte de las empresas mineras y en algunos casos de la población local.

Esta situación suele reflejarse en el tipo de relieve en el que se localizan las minas, que como se vio en el tercer capítulo en su mayoría es montañoso, donde se tienden a ocupar las laderas y para lo cual se remueve material rocoso, de suelo y de la cubierta vegetal, lo que deja expuesto y vulnerable el terreno en el que se localiza la mina, sobre todo en términos de estabilidad y erosión. En cuanto a la hidrología, se obtuvo que algunas minas que se localizan sobre un río o en sus márgenes, alteran su dinámica fluvial. Cuando estos fenómenos se conjugan, es decir, los geológicos y/o hidrometeorológicos con los socio-organizativos, se originan las amenazas socio-naturales que sumadas a otros componentes del riesgo, como la vulnerabilidad y la exposición de otros elementos del medio físico y biótico, la mina en sí y si es el caso la población local, producen impactos o desastres socio-ambientales, como los movimientos de masa (los famosos deslizamientos, deslaves y desgajamientos) o las inundaciones.

Concerniente al *tipo de minado*, de las minas, 47 son completamente a cielo abierto, 17 son mixtas, es decir, a cielo abierto y subterráneas y dos, son a cielo abierto pero de métodos especiales, una de ellas es un estanque de evaporación solar y otra es un minado hidráulico de salmueras naturales. De las minas a cielo abierto y las mixtas, las amenazas antrópicas son propiciadas principalmente por fenómenos químico-tecnológicos como la emisión y acumulación de gases tóxicos, derrames, desechos tóxicos, explosiones y ruido por explosiones, incendios, residuos sólidos, expulsión de sustancias químicas y tóxicas y polvo; así como por fenómenos sanitario-ecológicos como la contaminación por parte de todos los anteriores, que desembocan en daños ambientales y daños a la salud por diversas enfermedades principalmente respiratorias, gastrointestinales y de la piel; y por fenómenos socio-organizativos como las fallas de seguridad, de mantenimiento, de infraestructura y de prevención de riesgos que a su vez desatan accidentes mineros, colapso estructural de las minas y nuevos riesgos de desastres. Las amenazas socio-naturales se caracterizan por fenómenos socio-

organizativos sumados con los geológicos e hidrometeorológicos como los deslizamientos, hundimientos, socavones e inundaciones principalmente; así como fenómenos socio-organizativos sumados a los químicos tecnológicos en los que el uso de la dinamita y la producción de explosiones ocasionados por la mina, en los casos en los que hay una mayor cercanía con la población local, dañan la infraestructura de sus viviendas. De las minas de métodos especiales, una de ellas, presentó amenazas antrópicas por fenómenos químico-tecnológicos como derrames y en consecuencia ocurrió el desastre derivado de fenómenos sanitario-ecológicos como la contaminación y el daño ambiental en el que se incluyó la muerte de distintas especies marinas.

En cuanto a la *dimensión de la explotación*, 41 minas (la mayoría), tienen una extensión < a las 500 hectáreas (ha), 17 están entre las 500-1,500 ha, cuatro entre las 1,500-3,000 ha, dos entre las 3,000-5,000 ha y dos de ellas poseen una extensión > a las 5,000 ha. A manera de analogía las dos minas de mayor superficie se aproximan en extensión a la alcaldía Gustavo A. Madero y a la alcaldía Iztapalapa de la Ciudad de México, respectivamente; mientras que la mina más pequeña se aproxima en extensión de las Islas de Ciudad Universitaria, también en la Ciudad de México. En este caso la amenaza y/o el impacto varían según su extensión, a mayor superficie mayor amenaza y/o impacto.

En términos de la *antigüedad de la explotación*, en el segundo capítulo se describe un poco sobre la evolución de las minas a la par de la historia minero-ambiental, así como los periodos en los que se descubrieron, en que iniciaron actividades, en que tuvieron acontecimientos importantes y en los periodos en los que presentaron impactos socio-ambientales relevantes. De esta forma en la Figura 4.5, se aprecia que los descubrimientos de las minas a cielo abierto, corresponden en su mayoría al periodo colonial; mientras que el mayor número de minas a cielo abierto en inicio de actividad, corresponde principalmente al periodo del extractivismo y la megaminería, que a su vez son dos de los cinco periodos de mayor predominancia en la historia minera del país.

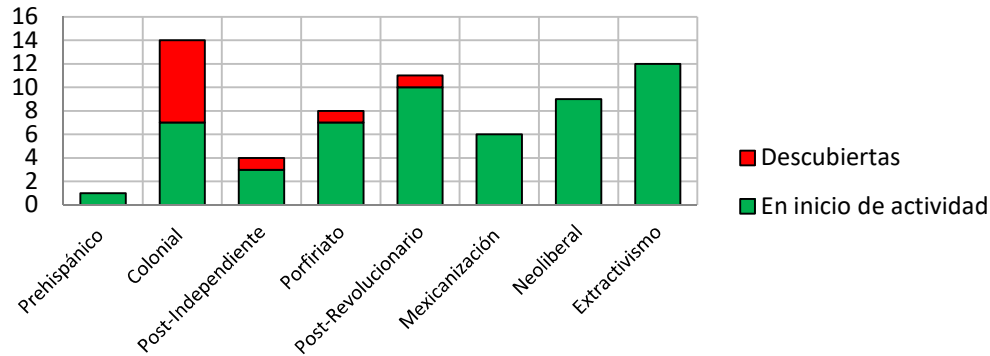


Figura 4.5. Número de descubrimientos y/o inicio de actividades mineras de las minas a cielo abierto, por periodo (-1519-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Además, es importante conocer el estatus de las minas, pues de ello también dependen los impactos. Cuando las minas están activas, generalmente las amenazas por ocupación del paisaje y por operación-contaminación, también lo están; pero si estas se encuentran inactivas por cierre o suspensión, las amenazas que destacan son las de ocupación, ya que al no operarse la mina, la contaminación puede reducirse, solo en caso de cerrar la mina y restaurar su entorno al estado anterior a su construcción, esta contaminación podría dejar de propagarse. En la Figura 4.6, es evidente que el periodo del extractivismo/megaminería es el que tiene más registros, tanto de minas activas, como en cierre y/o suspensión. Asimismo, se muestra que no ha sido lineal el comportamiento de actividad de las minas, debido principalmente a las causas internas y externas que han repercutido en la minería nacional.

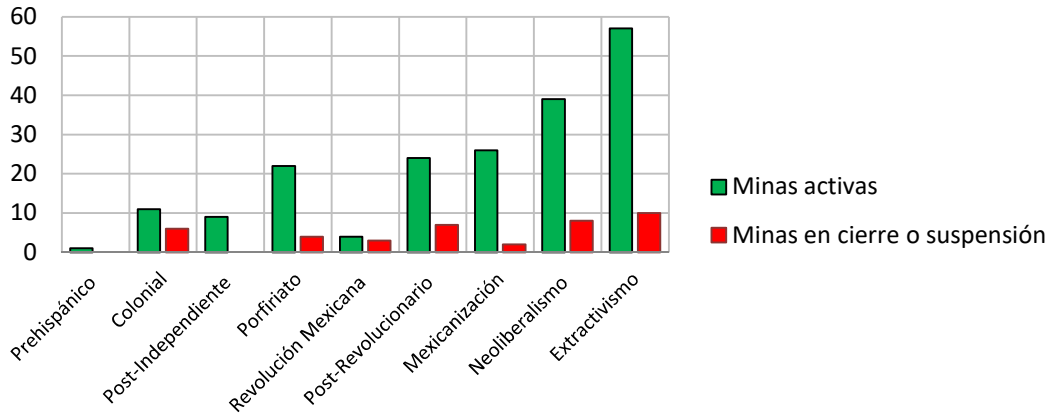


Figura 4.6. Minas a cielo abierto activas y en cierre o suspensión por periodo (-1519-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

De manera más específica, se pueden observar en la Figura 4.7, los periodos en los que se registró el inicio de actividades de cada mina, aquí no se incluyen los periodos en los que éstas se descubrieron. De esta forma, en la gráfica se muestran las minas de mayor antigüedad y las más recientes, en este caso la mina de mayor antigüedad, es Soyatal, Querétaro, la cual no mostró actividad relevante durante diversos periodos, hasta la actualidad, al reanudar actividades y a pesar de su longevidad, es una mina de las más pequeñas y con menores impactos al ambiente. Por el contrario, la mina con mayor actividad a través del tiempo ha sido Buenavista del Cobre, Sonora, presente en ocho de los diez periodos mineros históricos, desde la época colonial hasta la actualidad, ya que desde su creación hasta la fecha ha sido una de las minas más relevantes del país; seguida de las minas Cerro Colorado, Sonora, Dolores y Palmarejo, Chihuahua, presentes en seis periodos, activas desde el periodo colonial y en las cuales se ha observado una gran expansión. A su vez, Buenavista del Cobre y Dolores, son minas que también ya han ocasionado los seis tipos de impactos ambientales, principalmente en el periodo actual. Por lo tanto, si éstas continúan activas y en crecimiento se debe poner atención en el cumplimiento de las medidas de protección ambiental.

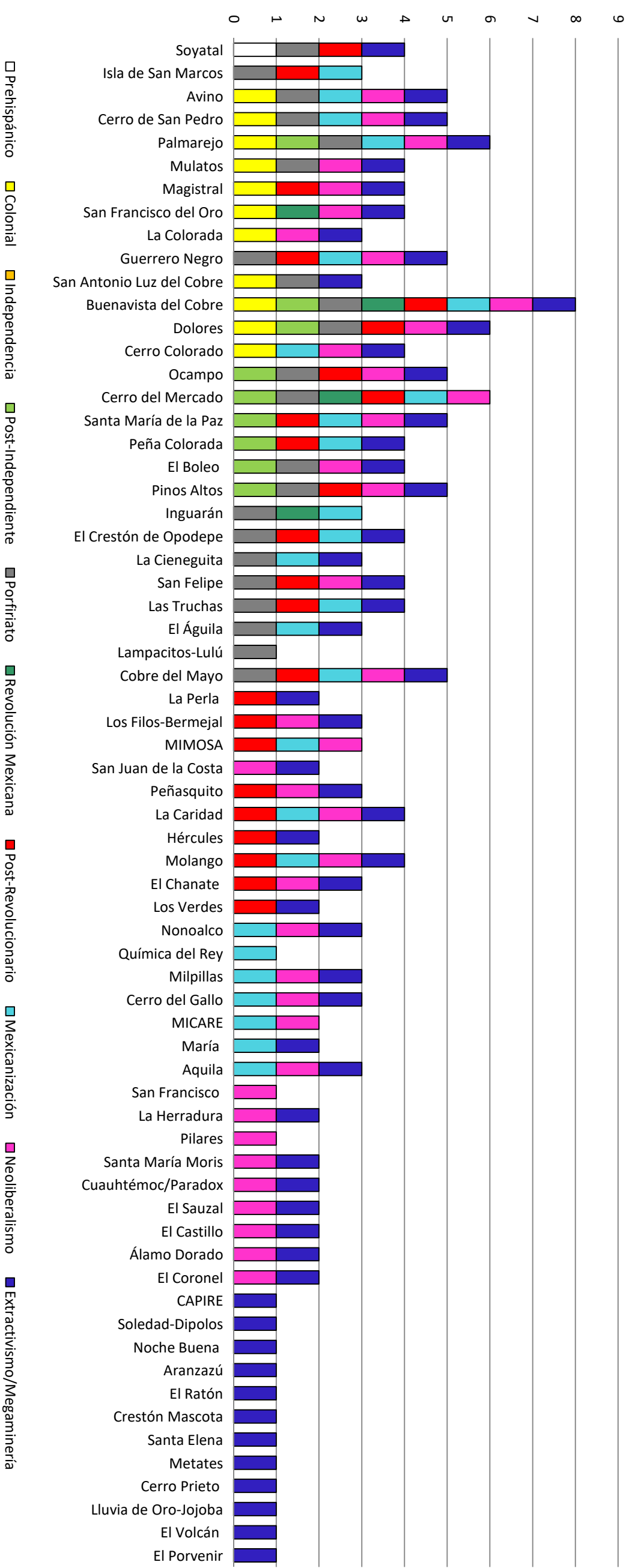


Figura 4.7. Actividad de las minas por periodo (-1519-2020)
Fuente: elaboración propia con base Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Del *mineral explotado*, de acuerdo con la Figura 4.8, los principales son, el oro en de 38 minas, la plata en 31 minas y el cobre en 17 minas (considerando que una sola mina puede explotar uno o más de un mineral), de los cuales dentro de la clasificación de López (2003) y Cuéntame INEGI (s.f. a, b y c) (Cuadro 1.6 del capítulo 1), el oro y la plata son clasificados dentro del sub-grupo de los metales preciosos; seguido de los metales tradicionales como el cobre, zinc (el último de los cinco metales más explotados) y el plomo; de los metales siderúrgicos como el hierro (el de mayor explotación después del cobre), el manganeso y el cobalto; así como el molibdeno, el wolframio y el antimonio, todos estos dentro del grupo de los minerales metálicos. En menor cantidad, se explotan también minerales no metálicos o minerales industriales como el yeso que es un mineral de construcción; la sal; el sulfato de sodio; el óxido de magnesio; el sulfato de magnesio; la fosforita para la industria de fertilizantes y la wollastonita. Del grupo de los combustibles destaca el carbón todo uno y el carbón térmico.

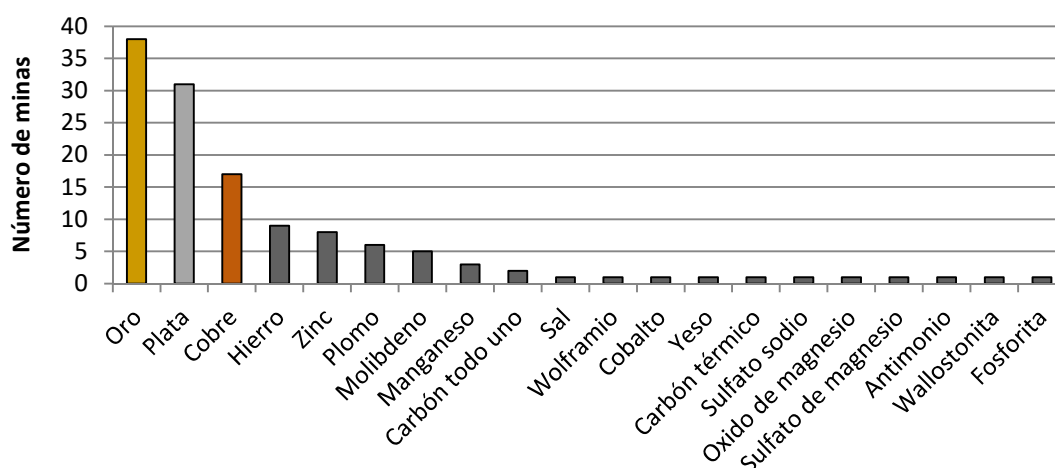


Figura 4.8. Número de minas a cielo abierto por tipo de mineral

Fuente: elaborado con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019.

A su vez, el *tratamiento del mineral* va en función del tipo de mineral explotado, en la Figura 4.9, es notorio que la lixiviación y la cianuración son los métodos dominantes, porque además de que estos se emplean en conjunto, son los procesos de transformación empleados en minerales metálicos como el oro, el cobre y el zinc. En el caso de la lixiviación, comúnmente se hace uso de los terreros o piletas de lixiviación para la irrigación y oxidación del mineral, así como las colas o jales donde se lleva a cabo la recuperación secundaria de los minerales tal como lo menciona López (1994). Por el contrario, los procesos de beneficio y transformación son bajos en comparación con los ya

mencionados, ya que en su mayoría se emplean para el resto de los minerales no metálicos, que como se ve en la Figura 4.9, son los minerales menos explotados en comparación con los primeros cinco, que son minerales metálicos.

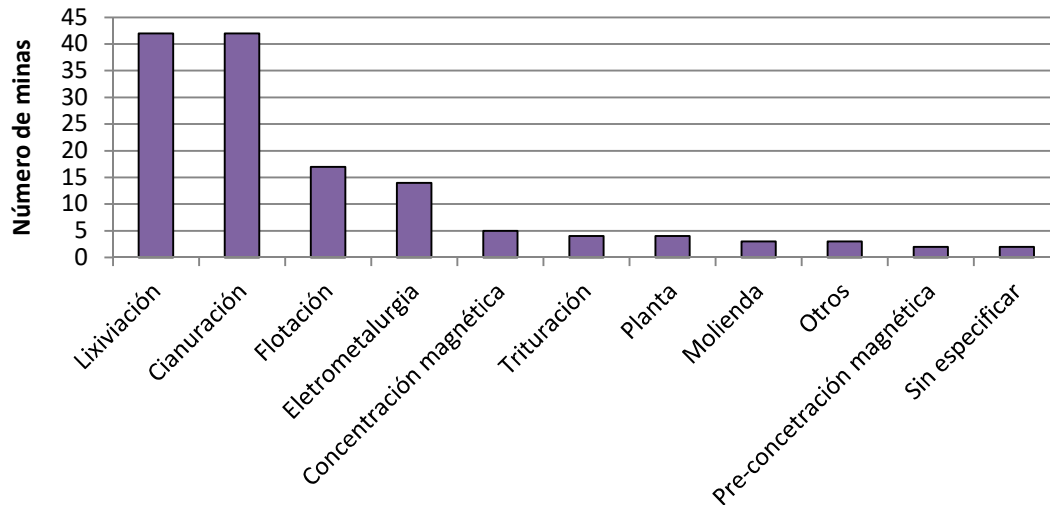


Figura 4.9. Número de minas a cielo abierto, por tipo de tratamiento

Fuente: elaborado con base en Sánchez-Salazar y Casado-Izquierdo, 2018-2019.

Justamente, en el tratamiento del mineral, es que suceden los fenómenos peligrosos que construyen una parte de las amenazas antrópicas provenientes de la minería. Generalmente, todo comienza con un manejo inadecuado en las medidas de seguridad y de mantenimiento de la infraestructura empleada para la metalurgia, lo que da paso a los fenómenos de tipo socio-organizativos, reflejados en las fallas o deficiencias. Sobre todo de una presa de jales, así como la emisión de polvo y gases tóxicos, que posteriormente se traduce en fenómenos de tipo químico-tecnológicos por los derrames y emisiones de desechos y sustancias tóxicas que se ocasionan por dichas deficiencias y que se esparcen por la atmósfera, el suelo y/o el agua, de tal forma que se convierten en fenómenos de tipo sanitario-ecológicos al contaminar los elementos del medio físico, biótico y social, traducido en los diversos impactos ambientales ya mencionados.

Finalmente, en términos del *destino de los residuos finales*, Coll-Hurtado *et al.*, (2002), mencionan que generalmente estos se dirigen a las presas de jales y a los terreros; donde se ha identificado que en algunos casos no cumplen con las medidas de seguridad requeridas para evitar el rompimiento de las mismas, lo que da paso a fenómenos socio-organizativos que se convierten en amenazas de tipo antrópico, donde los derrames, fugas o escapes de dichos residuos pasan a ser fenómenos sanitario-ecológicos por la

contaminación de ríos y suelos, hasta ocasionar graves daños ambientales y de salud en la población.

De esta manera, en la Figura 4.10.a, se aprecia que de los más de 453 impactos ambientales por la minería de todo tipo en México, los impactos o desastres socio-ambientales por los fenómenos de tipo químicos-tecnológicos fueron los dominantes, solo por 22 registros más que los sanitario-ecológicos y los socio-organizativos, que como se vio anteriormente, van de la mano, pues en conjunto representan el 86 % de los fenómenos peligrosos; mientras que el 14 % restante se divide entre los fenómenos geológicos y los hidrometeorológicos. Para el caso de las minas a cielo abierto, de los 115 impactos o desastres socio-ambientales (Figura 4.10.b), más de la mitad fueron provocados por fenómenos de tipo sanitario- ecológico, seguidos en menor cantidad por los químicos-tecnológicos y los socio-organizativos, que para este caso no tuvieron la misma participación; finalmente, los fenómenos geológicos y los hidrometeorológicos son los de menor presencia.

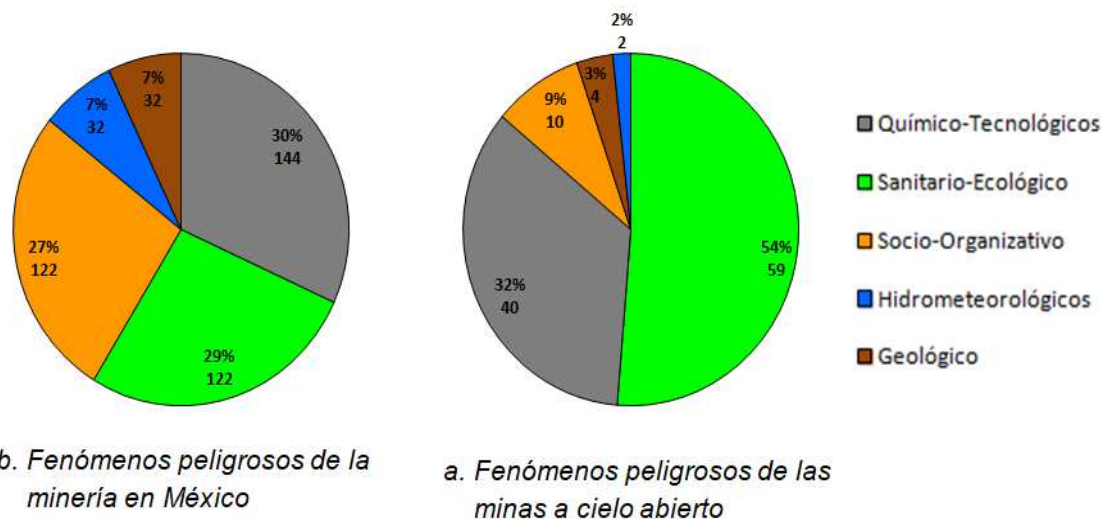


Figura 4.10. Porcentaje y número de fenómenos peligrosos en México y en la minas a cielo abierto (1630-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

Como ya se había mencionado, el número de registros de impactos socio-ambientales por la minería en México, comenzó a crecer de manera progresiva desde la mexicanización, hasta llegar al máximo número de impactos registrados en la actualidad.

Los tres grupos de amenazas conformados por los cinco tipos de fenómenos peligrosos estuvieron presentes desde el periodo colonial, como se puede observar en la Figura 4.11, sin embargo en conjunto sumaron menos de diez casos. En los periodos siguientes, caracterizados por el abandono y la rehabilitación de las minas se refleja una ausencia de impactos registrados, e incluso después son mínimos, pues durante el periodo post-independiente, el Porfiriato y el periodo post-revolucionario los fenómenos que destacaron fueron los hidrometeorológicos y los socio-organizativos. En el periodo de la mexicanización, el panorama comienza a cambiar, pues es visible el aumento en número de impactos registrados, los cuales ya rebasaban los 40, lo más importante de este periodo es que comienzan a aparecer los fenómenos químico-tecnológicos y sanitario-ecológicos, mientras que los socio-organizativos aparecen con mayor recurrencia. Durante el neoliberalismo, se aprecia que los fenómenos no muestran un crecimiento progresivo, donde incluso los geológicos, los socio-organizativos y los químico-tecnológicos son los de mayor dominancia, lo cual es lógico pues se relacionan entre sí. Finalmente, el cambio más alarmante, sucede en el periodo del extractivismo y la megaminería, pues el número de impactos se dispara de manera considerable, ya que en cantidad triplica el total de impactos registrados durante el resto de los periodos; por otra parte, es notable que los fenómenos químico-tecnológicos, seguido de los sanitario-ecológico y los socio-organizativos, son los de mayor presencia, donde también se ha visto cómo, uno influye en la ocurrencia del otro.

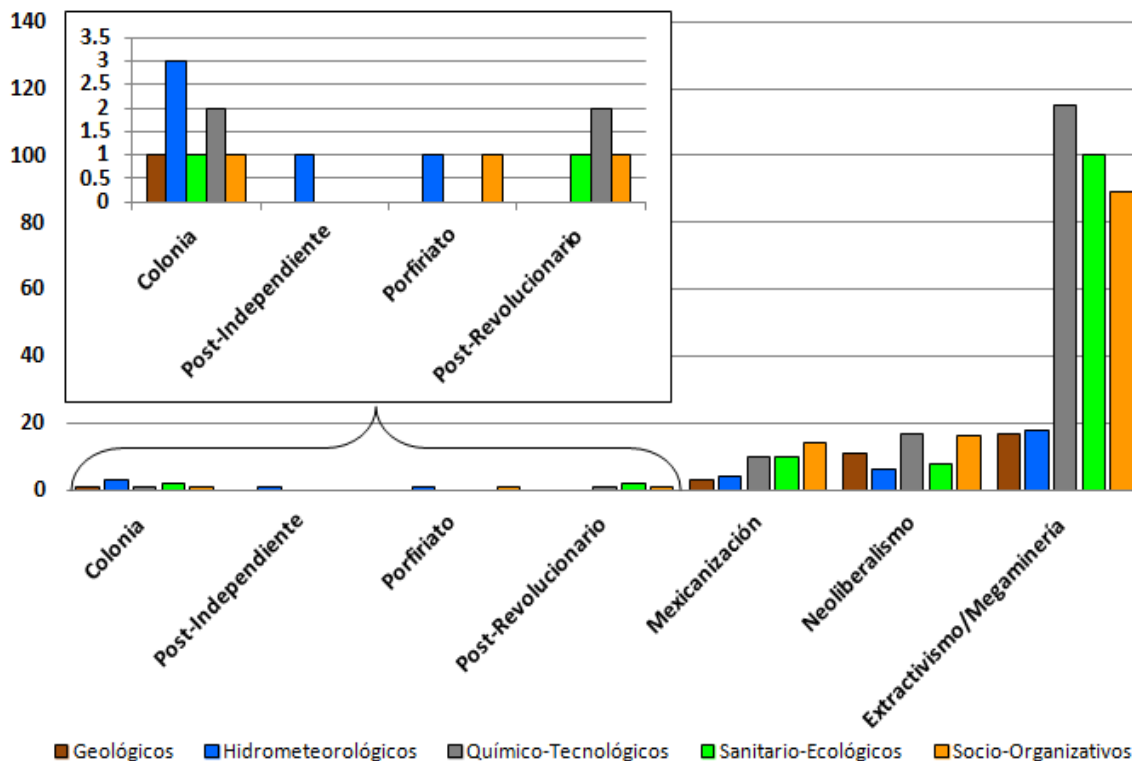


Figura 4.11. Número de fenómenos peligrosos en México, por periodo (1630-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

De las minas estudiadas durante el periodo colonial (Figura 4.12), los fenómenos peligrosos que se presentaron fueron geológicos como los hundimientos y socio-organizativos. Es hasta el periodo post-revolucionario que se tienen registros de impacto por fenómenos sanitario-ecológicos, lo mismo que en el periodo de la mexicanización, donde la contaminación fue uno de los principales problemas. Además, durante el neoliberalismo por primera vez se reconocen impactos por fenómenos químico-tecnológicos. De igual manera que en el caso nacional, estos impactos registrados fueron seis veces más en el periodo del extractivismo y la megaminería que en el resto de los periodos; en este caso los fenómenos sanitario-ecológicos son los predominantes, seguido de los químico-tecnológicos, mientras que los registros de los socio-organizativos no fueron representativos, ya que todos los impactos de este periodo se adjudican a la contaminación por sustancias tóxicas y a los daños ambientales y en la salud.

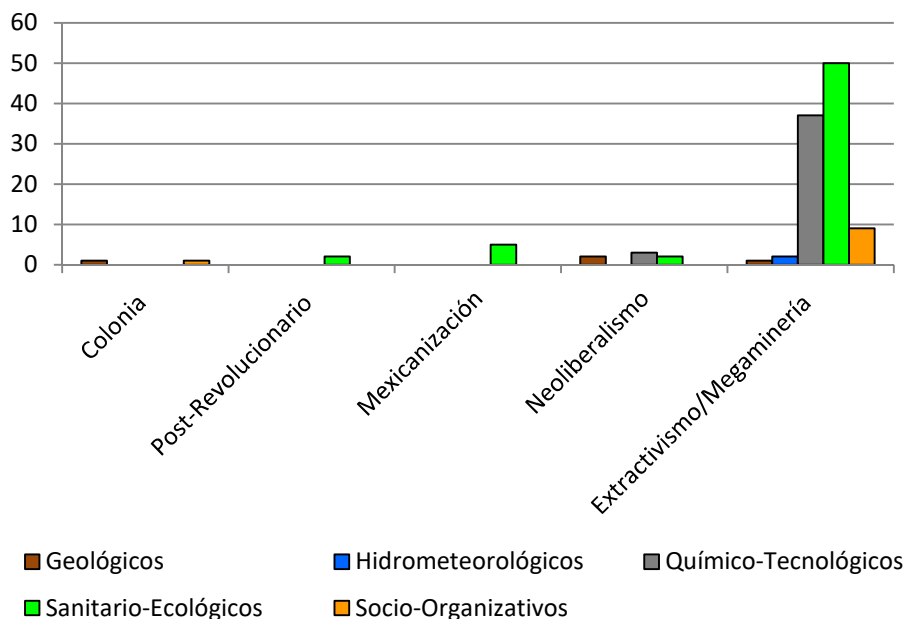


Figura 4.12. Número de fenómenos peligrosos de las minas a cielo abierto, por periodo (1630-2020)

Fuente: elaborado con base en Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

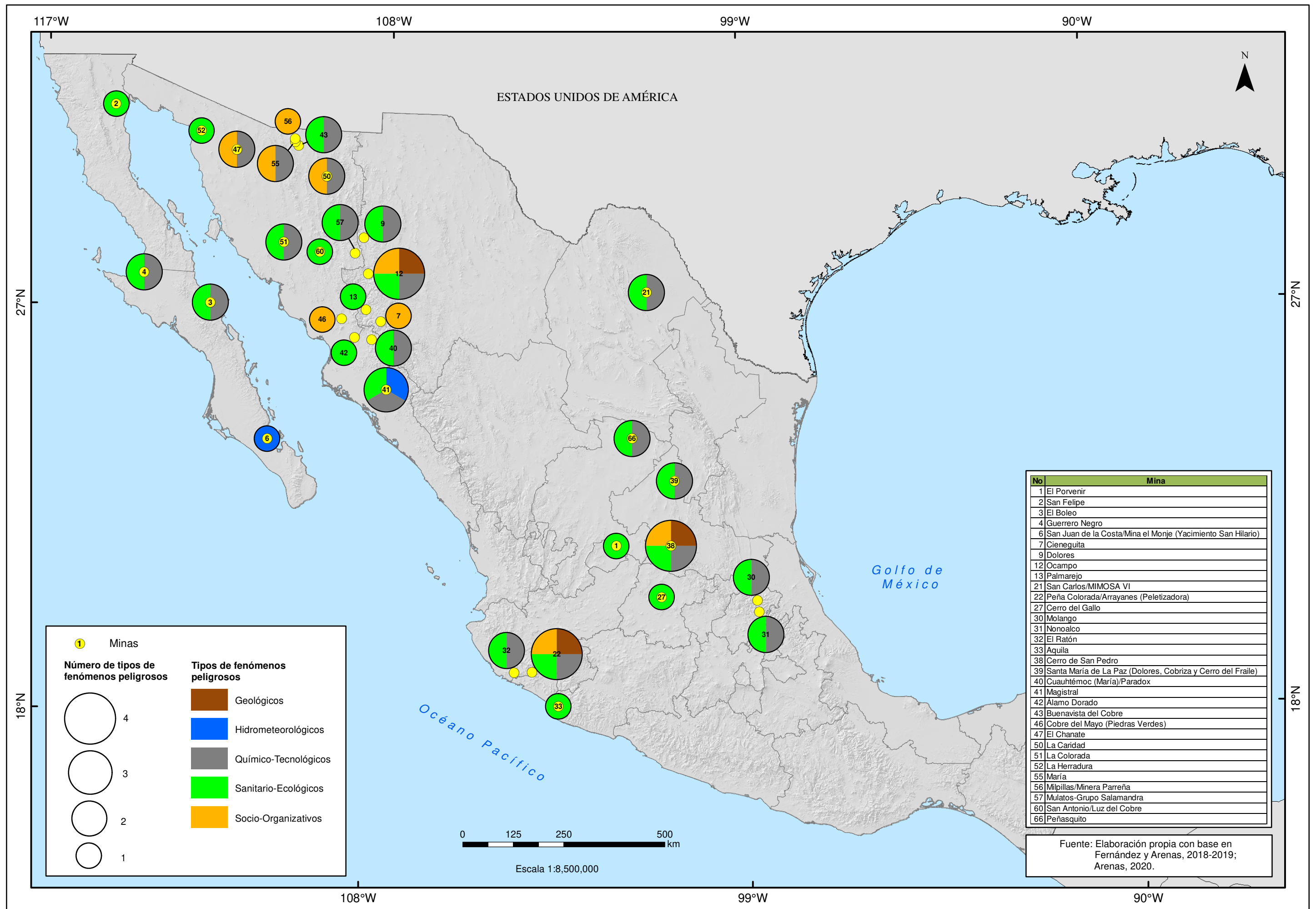
Tipos de fenómenos peligrosos por mina y amenaza antrópica

De las 66 minas analizadas, solo se tiene registro de los fenómenos peligrosos en 32 de ellas, de manera que en el Mapa 4.3, se muestran los tipos de fenómenos peligrosos que los generaron. El tamaño de los círculos está determinado por el número de tipos de fenómenos peligrosos encontrados en cada mina, donde es evidente que la mina Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, Ocampo, Chihuahua y Peña Colorada, Colima-Jalisco, son las que han tenido los cuatro tipos de fenómenos.

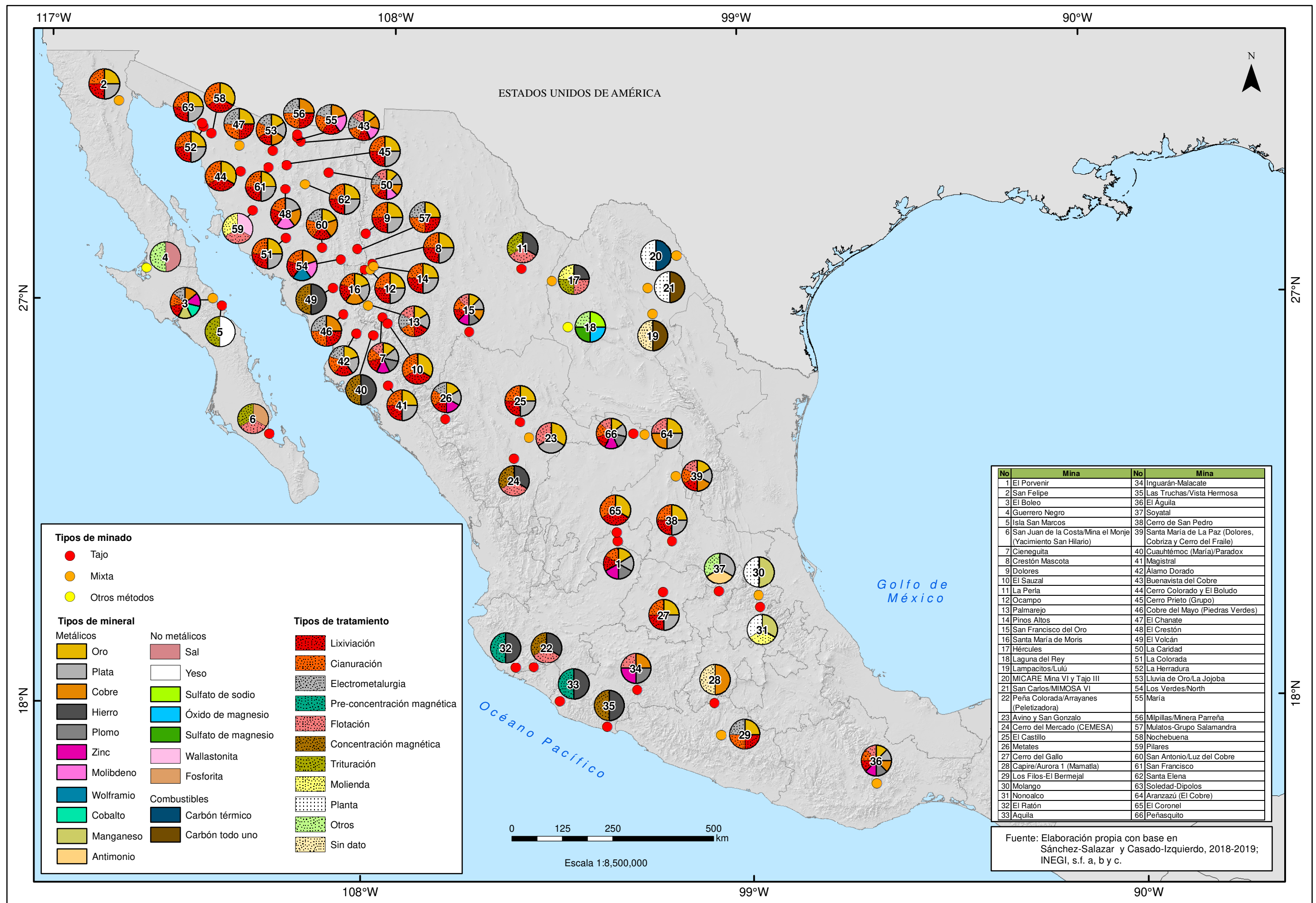
Por otra parte, para cada mina (Mapa 4.4) se desglosa el tipo de minado, el tipo de mineral que explota y el tipo de tratamiento que utiliza, con la finalidad de entender parte de la amenaza antrópica que cada una de las minas ha representado y representa a su paisaje y de las que se han desprendido, en algunos casos, y se pueden desprender, en otros, nuevos fenómenos peligrosos socio-organizativos, químico-tecnológicos y sanitario-ecológicos. Del tipo de minado a cielo abierto y mixto, se puede apreciar, que las minas que explotan el mayor número de minerales metálicos (cinco) son: San Francisco del Oro, Chihuahua y El Águila, Oaxaca; del tipo de minado de otros métodos, la mina que explota el mayor número de minerales no metálicos (tres), es Laguna del Rey, Coahuila. En cuanto a los tipos de tratamiento, la mina Buenavista del Cobre, La Caridad, Sonora, y

Palmarejo, Chihuahua, emplean cuatro tipos de tratamientos: lixiviación, cianuración, electrometalurgia y flotación, minas en las que se debe prestar atención ya que de esta etapa de tratamiento se deriva la mayor amenaza de impacto socio-ambiental.

Cabe recalcar, que estas amenazas van a variar según los otros factores socio-naturales de las minas que ya se revisaron anteriormente, es decir, las características geográficas del sitio, la dimensión de la explotación, la antigüedad de la explotación y el destino de los residuos finales.



4.3. Fenómenos peligrosos, minas a cielo abierto (1630-2020)



4.4. Características de las minas a cielo abierto que representan una amenaza antrópica

4.3.2. Factores de exposición

La revisión de los elementos socio-naturales que han sido impactados por la minería a cielo abierto a través de la visualización del paisaje y la reconstrucción histórica, permitieron identificar en este apartado al segundo factor que contribuyó para que dichos impactos ambientales acontecieran, la exposición. Cabe aclarar, que la vulnerabilidad es otro componente importante en la construcción de los impactos ambientales anteriormente presentados, sin embargo al no profundizar en ella por el nivel de detalle que requiere, la identificación de los factores socio-naturales expuestos a las amenazas y en los cuales se refleja el impacto, funciona como un primer reconocimiento de dicha vulnerabilidad en el paisaje.

Como se observó en el apartado sobre los impactos socio-ambientales por la minería a cielo abierto identificados a partir de la visualización del paisaje, en el Cuadro 4.1, se desglosaron las variables en las que se pudieron advertir los impactos ambientales más superficiales sobre ciertos elementos del paisaje, sin embargo, a través de la reconstrucción histórica se pudieron reconocer nuevos elementos expuestos, que no son visibles en el paisaje, información con la que se realizó el Cuadro 4.5, en el que se muestran los elementos de mayor exposición que reciben el impacto en primera instancia.

Cuadro 4.5. Factores socio-naturales expuestos

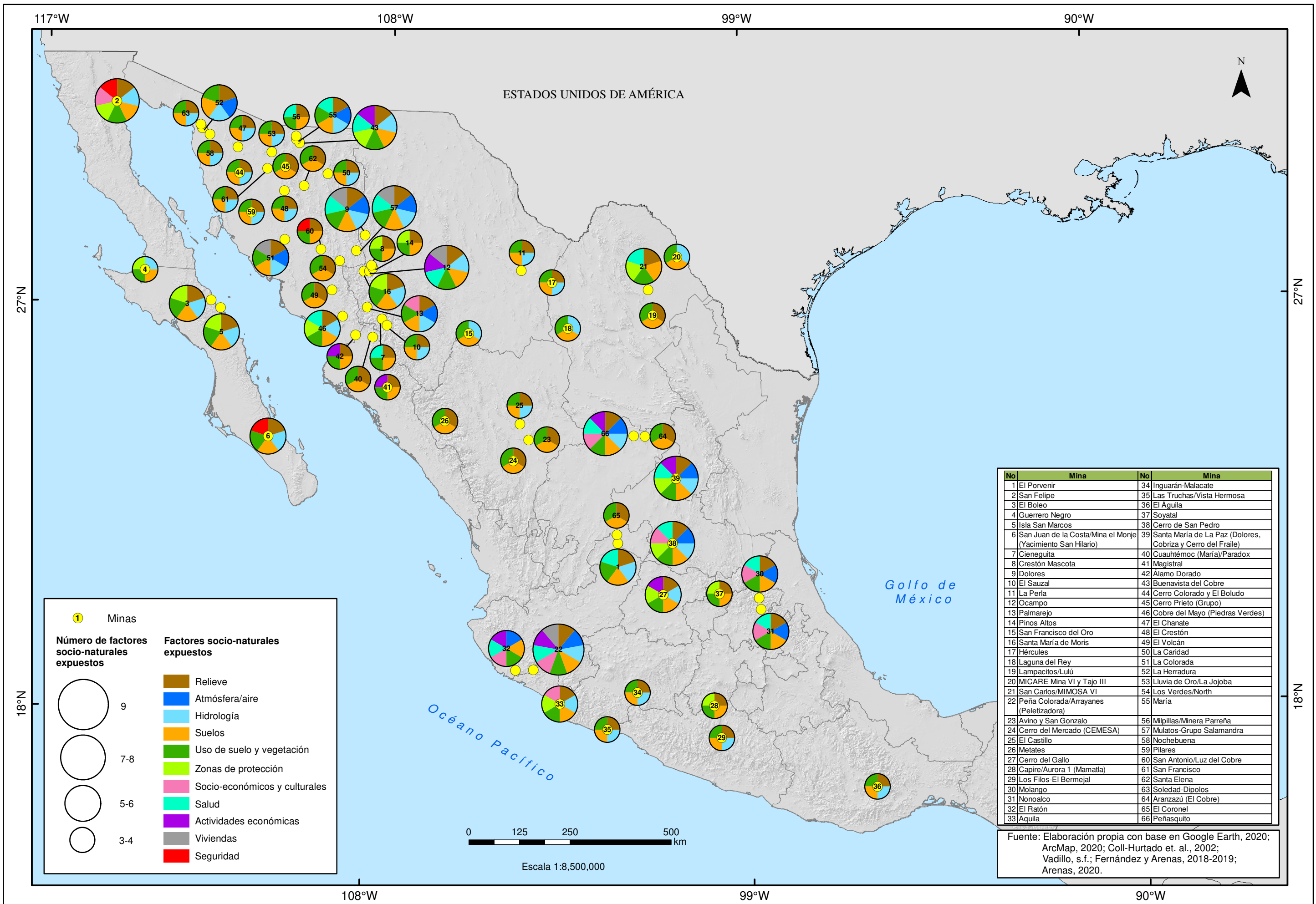
Sistema	Factores expuestos	
Medio físico	Relieve	
	Atmósfera/Aire	
	Hidrología	
	Suelos	
Medio biótico	Uso de suelo y vegetación	Flora y fauna
	Zonas de protección	
Medio socio-económico y cultural	Asentamientos humanos (Rurales, urbanos y con población indígena)	Salud, actividades económicas, infraestructura de las viviendas y seguridad

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020; ArcMap, 2020; Coll-Hurtado *et al.*, 2002; Vadillo, s.f.; Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

En el Cuadro 4.5, solo se observan los factores socio-naturales en los que se detectó el impacto socio-ambiental superficial en el paisaje, reforzado con los detectados a través de los datos históricos. Es importante considerar que los impactos no quedan ahí, aunque no se detecten a simple vista, estos pueden llegar hasta las funciones y elementos menos visibles del paisaje; por ejemplo, en el medio físico y biótico repercuten también a nivel geosistema; y en el medio socio-económico y cultural, van más allá de la proximidad de

los asentamientos humanos de la población local y/o las comunidades indígenas, ya que desatan conflictos socio-territoriales más complejos en donde resulta afectada su calidad de vida por su situación socio-económica en términos de pobreza, marginación, el nivel de acceso a servicios básicos y de calidad, como la educación, la salud y la vivienda. También se incrementa la violencia extractivista hacia dicha población que impulsa movilizaciones laborales y en defensa de sus derechos y del territorio para la preservación patrimonial, natural y cultural, por mencionar algunos ejemplos, que además derivan en diversos tipos de vulnerabilidades, las cuales tampoco se detectan a simple vista, sin embargo se debe tomar en cuenta su existencia y su variación en función de la magnitud de los impactos socio-ambientales.

Finalmente, en el Mapa 4.5, se evidencian los factores socio-naturales expuestos en las minas, donde el tamaño del círculo está determinado por el total de factores expuestos. La mina con mayor número de factores socio-naturales expuestos, con un total de nueve factores, es la mina Peña Colorada, Colima-Jalisco, seguida de las minas Cerro de San Pedro, Santa María de la Paz, San Luis Potosí y Peñasquito, Zacatecas, con ocho.



ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Golfo de México

Océano Pacífico

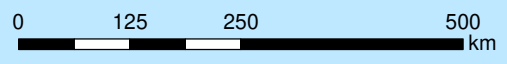
① Minas

Número de factores socio-naturales expuestos

- 9
- 7-8
- 5-6
- 3-4

Factores socio-naturales expuestos

- Relieve
- Atmósfera/aire
- Hidrología
- Suelos
- Uso de suelo y vegetación
- Zonas de protección
- Socio-económicos y culturales
- Salud
- Actividades económicas
- Viviendas
- Seguridad



Escala 1:8,500,000

No	Mina	No	Mina
1	El Porvenir	34	Inguarán-Malacate
2	San Felipe	35	Las Truchas/Vista Hermosa
3	El Boleo	36	El Águila
4	Guerrero Negro	37	Soyatal
5	Isla San Marcos	38	Cerro de San Pedro
6	San Juan de la Costa/Mina el Monje (Yacimiento San Hilario)	39	Santa María de La Paz (Dolores, Cobriza y Cerro del Fraile)
7	Cieneguilla	40	Cuauhtémoc (María)/Paradox
8	Crestón Mascota	41	Magistral
9	Dolores	42	Álamo Dorado
10	El Sauzal	43	Buenavista del Cobre
11	La Perla	44	Cerro Colorado y El Boludo
12	Ocampo	45	Cerro Prieto (Grupo)
13	Palmarejo	46	Cobre del Mayo (Piedras Verdes)
14	Pinos Altos	47	El Chanate
15	San Francisco del Oro	48	El Crestón
16	Santa María de Moris	49	El Volcán
17	Hércules	50	La Caridad
18	Laguna del Rey	51	La Colorada
19	Lampacitos/Lulú	52	La Herradura
20	MICARE Mina VI y Tajo III	53	Lluvia de Oro/La Jojoba
21	San Carlos/MIMOSA VI	54	Los Verdes/North
22	Peña Colorada/Arrayanes (Peletizadora)	55	María
23	Avino y San Gonzalo	56	Mipillas/Minera Parreña
24	Cerro del Mercado (CEMESA)	57	Mulatos-Grupo Salamandra
25	El Castillo	58	Nochebuena
26	Metates	59	Pilares
27	Cerro del Gallo	60	San Antonio/Luz del Cobre
28	Capire/Aurora 1 (Mamatta)	61	San Francisco
29	Los Filos-El Bermejil	62	Santa Elena
30	Molango	63	Soledad-Dipolos
31	Nonoalco	64	Aranzazú (El Cobre)
32	El Ratón	65	El Coronel
33	Aguila	66	Peñasquito

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2020; ArcMap, 2020; Coll-Hurtado et. al., 2002; Vadillo, s.f.; Fernández y Arenas, 2018-2019; Arenas, 2020.

4.5. Factores socio-naturales expuestos, minas a cielo abierto (1630-2020)

Conclusiones

Durante el desarrollo de la presente investigación, se constató que el uso del enfoque geográfico para resolver cuestionamientos sobre la situación ambiental en el mundo a través del tiempo, ha necesitado de una actualización constante en sus conceptos, métodos y teorías. Justamente, ese devenir del pensamiento geográfico a través del tiempo y paralelo a la evolución de las circunstancias ambientales, es el que le dio al estudio del paisaje los fundamentos suficientes para utilizarlo como unidad espacial en el que se puedan identificar los problemas socio-ambientales, desde lo subjetivo, a través de la percepción, hasta lo objetivo.

En este caso, la identificación de los tipos de impactos socio-ambientales ocasionados por la minería a cielo abierto, su origen y sus factores, se realizó mediante dos aproximaciones al análisis del paisaje: la visualización y la reconstrucción histórica. Con la primera aproximación, se percibió la apariencia visible de las grandes modificaciones y daños ambientales que la minería a cielo abierto ha ocasionado en el paisaje, dónde, a través de la segunda aproximación, con los datos históricos, se encontraron nuevos factores socio-naturales impactados, no percibidos a simple vista; así como algunas de las causas y consecuencias principales de dichos impactos. Sin duda, la percepción del paisaje y de sus factores socio-naturales, así como la reconstrucción de su pasado, fueron útiles para descifrar el evidente daño socio-ambiental ya ocasionado en él.

En México, uno de los pilares para la transformación del espacio, es la minería, a través de la cual se detectaron las primeras muestras de impactos socio-ambientales y modificaciones al paisaje a partir de la construcción de las minas, las plantas, los caminos y los asentamientos humanos desarrollados durante el apogeo minero de la Nueva España del periodo colonial, ya que la minería se convirtió en ese eje rector bajo el cual surgieron algunas de las minas y ciudades mineras e industriales más importantes del país, aún vigentes, tal es el caso de las minas: Avino en Durango; Cerro de San Pedro en San Luis Potosí; Mulatos, La Colorada, San Antonio Luz del Cobre, Buenavista del Cobre y Cerro Colorado en Sonora; Magistral en Sinaloa; y Palmarejo, San Francisco del Oro y Dolores en Chihuahua. De las cuales, Buenavista del Cobre y Cerro de San Pedro, forman parte de las minas con registros de impactos socio-ambientales en varios periodos históricos, junto con otras minas como Peña Colorada, Colima-Jalisco; Guerrero Negro, Baja California Sur; Nonoalco, Hidalgo; Santa María de la Paz, San Luis Potosí y la de mayor número de periodos con algún impacto, Molango, Hidalgo.

Asimismo, desde el periodo colonial, se comenzaron a registrar algunos impactos por fenómenos peligrosos de origen natural como las lluvias, sumados a los antrópicos, éstos últimos originados por la creencia que se tenía de poseer los conocimientos suficientes para controlar, transformar y explotar a la naturaleza, sin considerar o prevenir los posibles efectos socio-ambientales, ya que desde entonces se distinguió a las fuentes de sustento como fuentes de capital sin pensar en las consecuencias negativas al ambiente. Esto repercutió en la existencia de nuevos tipos de impactos, como las inundaciones, los hundimientos y los despojos, inducidos o acelerados por la actividad minera.

Con el paso del tiempo y a pesar del surgimiento de la cuestión ambiental mundial de la década de los ochenta, durante los periodos de la mexicanización y del neoliberalismo en el país, en los que se modificaron y se crearon nuevas estrategias científicas, legislativas, institucionales y económicas para enfrentarla, se vio que los impactos socio-ambientales, en lugar de disminuir, aumentaron progresivamente, sobre todo los ocasionados por la minería a cielo abierto, los cuales se han encontrado en su punto más alto desde que se concedieron mayores libertades a los inversionistas extranjeros a partir del año 2000, lo cual fomentó la megaminería y el extractivismo a gran escala, concediéndole así a algunas minas gran relevancia a nivel mundial, aunque, desde entonces, los costos ambientales y al parecer las aportaciones económicas de dicho sector al país, no han sido tan alentadoras como se podría esperar.

También, ha sido evidente el incumplimiento de algunas medidas para la reducción de impactos que desde entonces son requisitos para la ejecución de los proyectos mineros, tal es el caso de las Evaluaciones de Impacto Ambiental, en donde se deben considerar los riesgos y los impactos ambientales de dicho proyecto, así como las estrategias para actuar en caso de emergencia. En algunas de las minas se ha visto el incumplimiento de estas medidas, como sucedió en la mina Buenavista del Cobre, la cual causó uno de los desastres ecológicos más importantes del país en el año 2014 y que actualmente continúa en operación, ajena a la resolución y a la reparación total de los daños.

De esta forma, los impactos negativos por la minería a cielo abierto en el paisaje se han hecho visibles y se han diversificado en impactos atmosféricos, sobre las tierras, las aguas, la flora y fauna e impactos socio-económicos y culturales encontrados de forma puntual en el mismo paisaje minero. Las minas Peña Colorada, Colima-Jalisco; Dolores, Chihuahua; Mulatos, Sonora; Molango, Hidalgo y El Ratón, Jalisco, han ocasionado todos

los tipos de impactos mencionados, mientras que las minas con mayor extensión impactada son Guerrero Negro, Baja California Sur y Buenavista del Cobre, Sonora.

Es importante considerar que dichos impactos en el paisaje, se perpetraron en parte, por la conjunción de dos factores principales, las amenazas de origen natural, antrópico y/o socio-natural y la exposición. Las primeras, conformadas por fenómenos peligrosos de origen natural, como los geológicos y los hidrometeorológicos; y las segundas, por fenómenos de origen antrópico, comúnmente generados por las minas, como los químico-tecnológicos, los sanitario-ecológicos y los socio-organizativos; que en conjunto, generan los fenómenos de origen socio-natural. Mientras que la exposición se refiere justamente a los factores socio-naturales expuestos a dichas amenazas (como los del relieve, de la atmósfera, de la hidrología, de los suelos, del uso de suelo, de la flora y de fauna, de las zonas de protección, de los asentamientos humanos, de la salud, de las actividades económicas, de las viviendas y de la seguridad) y, sobre los cuales actuaron éstas, de forma que también reciben el impacto. Igualmente, se reconoce que el impacto va más allá de lo que se ve a simple vista, tanto en el medio físico y biológico como pueden ser los geosistemas, como en el socio-económico y cultural, donde la conflictividad ambiental desata diversos problemas socio-territoriales, principalmente de las poblaciones locales y comunidades indígenas que a su vez, pueden significar diversos tipos de vulnerabilidades que inciden en la gravedad del impacto y que merecen un análisis más particular, pues para este caso la exposición es solo un primer indicador de las posibles vulnerabilidades existentes.

De los fenómenos peligrosos, en las minas predominaron los de tipo sanitarios-ecológicos y los químico-tecnológicos, que a la par de sus impactos socio-ambientales, se triplicaron en el periodo minero-ambiental del extractivismo y la megaminería. Destacan: Cerro de San Pedro, San Luis Potosí; Ocampo, Chihuahua y Peña Colorada, Colima-Jalisco. En cuanto a las amenazas antrópicas que representan las minas por sus características como el tipo de minado, los minerales explotados y tratamientos empleados (sobre todo estos últimos), éstas derivan principalmente en contaminación por sustancias tóxicas, daños socio-ambientales y en la salud. En este sentido, las minas Buenavista del Cobre y La Caridad en Sonora, así como Palmarejo en Chihuahua, sobresalen por el peligro que representan al ser minas a cielo abierto y mixtas, explotar entre dos y cuatro minerales metálicos y utilizar cuatro tipos de tratamiento.

Las minas que poseen el mayor número de factores expuestos son Peña Colorada, Colima-Jalisco; Cerro de San Pedro y Santa María de la Paz, San Luis Potosí y Peñasquito, Zacatecas.

Como resultados importantes de este trabajo, en un primer acercamiento para identificar los factores de impacto socio-ambiental causados por la minería a cielo abierto en nuestro país y, de acuerdo con la información que sirvió de sustento, las minas analizadas que mayor impacto socio-ambiental han ocasionado en el paisaje y que han representado una amenaza significativa son: Peña Colorada, Colima-Jalisco; Dolores, Chihuahua; Mulatos, Sonora; Molango, Hidalgo; El Ratón, Jalisco; Guerrero Negro, Baja California Sur; Buenavista del Cobre, Sonora; Cerro de San Pedro, San Luis Potosí; Ocampo, Chihuahua; Palmarejo, Chihuahua; Santa María de la Paz, San Luis Potosí y Peñasquito, Zacatecas. No obstante, el resto también ha impactado y amenazado a su entorno aunque de una manera menos alarmante.

Igualmente, cabe señalar que, del otro lado del panorama, se han visto casos como el de la mina Soyatal en Querétaro, que a pesar de ser la más longeva de las incluidas en este análisis, su historial de impactos es mucho menor. También se observó que minas como El Sauzal en Chihuahua, han trabajado y culminado de forma exitosa y conforme a la normatividad sus actividades mineras, y probablemente el impacto que efectuó sobre su paisaje estuvo controlado.

Finalmente, con lo expuesto en la presente investigación, se puede confirmar que esta metodología para identificar impactos socio-ambientales en el paisaje, por la minería a cielo abierto en México, a través de su visualización y la reconstrucción histórica minero-ambiental, desde la perspectiva geográfica, resultó útil para realizar un primer acercamiento semi-cuantitativo e integral, sobre la transformación y modificación del espacio y sus efectos, en donde el acceso a la información y a los recursos para un trabajo de campo o un estudio multidisciplinario de gran escala son limitados.

Con ello, se busca motivar el interés y el compromiso de la comunidad científica y estudiantil para continuar en la labor de analizar y estudiar de manera específica y desde diversas perspectivas, problemas socio-ambientales que como este, obstaculizan el desarrollo pleno de las sociedades. También se invita a la reflexión a los tomadores de decisiones en cuanto a la responsabilidad socio-ambiental de las minas a cielo abierto en México, que en su mayoría son manejadas por capitales extranjeros, los cuales

aprovechan las facilidades de explotación minera en el país, así como la poca exigencia del cumplimiento de los requisitos y compromisos adquiridos, en términos de cuidado, restauración ambiental y apoyo a la población local afectada, pues se ha visto una respuesta tardía y deficiente en la mayoría de las emergencias, sobre todo en los últimos 20 años.

Es necesario encaminarse nuevamente a la idea de desarrollo derivada de la conciencia ambiental mundial, en donde no solo se impulse el crecimiento del sector económico, sino también el bienestar de la población y la preservación y restauración ambiental, así como de prevención y reducción de desastres e impactos socio-ambientales.

Referencias

- Aguilar, M., y Contreras, C. (2009). La Geografía ambiental. Orígenes, ámbito de estudio y alcances. En M. Chávez, O. M. González, y M. d. Ventura, *Geografía humana y ciencias sociales. Una relación reexaminada* (págs. 261-296). El Colegio de Michoacán.
- Analisis_Prodh_NSA. (10 de Abril de 2013). *Exigen detener agresiones contra habitantes de Soyopa, Sonora: REMA*. Obtenido de SIDIDH. SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACIÓN EN DERECHOS HUMANOS: http://centroprodh.org.mx/sididh_2_0_alfa/?p=25158
- ArcMap. (2020). *Imagery*. Recuperado en Enero 2020, de ArcGIS, ArcMap. 10.4.1.
- Arenas, V. (2020). *Base de datos: Impactos y desastres socio-ambientales a partir de la reconstrucción histórica*. México. Documento interno.
- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, L., y Gómez, E. L. (2000). *REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS DE MÉXICO*. Recuperado en Septiembre de 2020, de CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>
- Arvizu, L. V. (2018). *EL LEGADO DE LA MINERÍA, EL RIESGO DE SUS RESIDUOS O JALES*. Hermosillo, Sonora, México: NUESTRA TIERRA.
- Atlas de Sonora. (1993). Instituto Sonorense de Cultura. Gobierno de Sonora, México.
- avesmx. (2015). *AICA*. Recuperado en Septiembre de 2020, de CONABIO-AvesMX: <http://avesmx.conabio.gob.mx/AICA.html>
- AVINO. (s.f.). *Nuestra historia*. Recuperado en Marzo de 2020, de AVINO. SILVER y GOLD MINES LTD: <https://www.avino.com/about/our-history/>
- bcs noticias. (15 de Enero de 2014). *Breve historia de la identidad minera peninsular y su aporte al desarrollo regional*. Recuperado el Marzo de 2020, de @bcsnoticias: <https://www.bcsnoticias.mx/breve-historia-de-la-identidad-minera-peninsular-y-su-aporte-al-desarrollo-regional/>
- bcs noticias. (2 de marzo de 2016). *Temen ecocidio en Laguna Ojo de Liebre, por desechos de la salinera; afectaría a las ballenas*. Recuperado en Abril de 2020, de

@bscnoticias: <https://www.bcsnoticias.mx/temen-ecocidio-en-laguna-ojo-de-liebre-por-desechos-de-la-salinera-afectaria-a-las-ballenas/>

Bocco, G., y Urquijo, S. P. (2013). Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional. *Región y sociedad*. vol. 25, n.56, 75-102.

Bracamonte, A., Lara, B. E., y Borbón, M. I. (1997). El desarrollo de la industria minera sonorense: el retorno a la producción de metales preciosos. *Región y Sociedad*. Vol. 8, 13-14.

Breach, M. (25 de Mayo de 2007). *Pagan a Ocampo unos pesos a cambio de riesgo y depredación*. Recuperado en Abril de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2007/05/25/index.php?section=estados&article=034n1est>

Breach, M. (2 de Enero de 2008). *Habitantes de Chihuahua, hartos de abusos de mineras extranjeras*. Recuperado en Abril de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2008/01/02/index.php?section=estados&article=026n1est>

Cámara Minera de México (CAMIMEX). (2014). *La Industria Minera de México y la Normatividad Ambiental*. Recuperado en Marzo de 2020, de <https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/minero/Conferencias/Tema%20/Lic%20Paloma%20Garc%C3%ADa%20Segura.pdf>

CAMIMEX. (s.f.). *Cronología de la Minería*. Recuperado en Febrero de 2020, de <https://camimex.org.mx/index.php/conoce-mas>

Cañedo, S., Vizcarra, M., y Arias, S. (s.f.). *DESPLAZADOS POR EL YUGO NARCOMINERO EN SINALOA*. CONNECTAS. PLATAFORMA PERIODÍSTICA PARA LAS AMÉRICAS.

Capel, H. (1981). *FILOSOFÍA Y CIENCIA EN LA GEOGRAFÍA CONTEMPORÁNEA. Una introducción a la Geografía*. Barcelona, España: Barcanova, S.A.

Cárdenas, P. (6 de Agosto de 2019). *La megamina de cobre de Grupo México que sigue acabando con Cananea*. Recuperado en Abril de 2020, de Aristegui NOTICIAS:

<https://aristeguinoticias.com/0608/mexico/la-megamina-de-cobre-de-grupo-mexico-que-sigue-acabando-con-cananea/>

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2014). *Manual de Protección Civil*.

Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública (CESOP). (28 de Agosto de 2006). "Antecedentes", en *Medio ambiente*. Recuperado en Junio de 2020, de http://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico/2_mambiente.htm#_ftn24.%20Consultado%20el%2003/09/2020.

CIPAMEX y CONABIO. (2015). *Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015. Escala: 1:250000*. Recuperado en Septiembre de 2020, de PORTAL DE GEOINFORMACIÓN 2020. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD (SNIB): http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xml&_indent=no

CNA. (1998). *Cuencas Hidrológicas. Escala 1:250000*. México.

Coll-Hurtado, A., Sánchez-Salazar, M. T., y Morales, J. (2002). *La Minería en México. Geografía, historia, economía y medio ambiente. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos: 5*. México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2004). *Regiones Terrestres Prioritarias. Escala 1:1000000*. Recuperado en Septiembre de 2020, de PORTAL DE GEOINFORMACIÓN 2020: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rtp1mgw.xml?_httpcache=yess&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xml&_indent=no

CONABIO. (2014a). *Población indígena por localidad, 2010. Escala: 1:1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Datos estadísticos del 2010, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Recuperado en Octubre de 2020, de PORTAL DE GEOINFORMACIÓN 2020. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD (SNIB): <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2015). *Sitios Ramsar. Áreas Naturales Protegidas*.
- Conesa, V. (1993). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Contreras, Ó. F. (1987). *La minería en Sonora: Modernización industrial y fuerza de trabajo*.
- Corona-Esquivel, R., Tapia-Zúñiga, C., Henríquez, F., Tritlla, J., Morales-Isunza, A., Levresse, G., y Pérez-Flores, E. (2009). Geología y mineralización del yacimiento de hierro Cerro del Mercado, Durango. En K. F. Clark, G. Salas-Pizá, y R. Cubillas-Estrada, *Geología Económica de México* (págs. 529-534). Pachuca, Hidalgo: Asociación de Ingenieros de Minas y Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
- DESINVENTAR. (2020). *Acerca de DesInventar*. Recuperado en Enero de 2021, de DESINVENTAR.org:
<https://www.desinventar.org/#:~:text=DesInventar%20es%20una%20herramienta%20conceptual,de%20base%20de%20datos%20flexible>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (11 de Octubre de 2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-023-STPS-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto-Condiciónes de seguridad y salud en el trabajo*. Recuperado en Agosto de 2020, de SEGOB. Diario Oficial de la Federación:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5272056&fecha=11/10/2012#:~:text=Establecer%20los%20requisitos%20m%C3%ADnimos%20de,minas%20subterr%C3%A1neas%20y%20a%20cielo%20abierto.
- DOF. (20 de Mayo de 2021). *LEY GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL*. Recuperado en Agosto de 2021, de la CAMARA DE DIPUTADOS. Diario Oficial de la Federación:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_200521.pdf
- El Sol de Durango. (16 de Marzo de 2020). *Persiste conflicto en minera en PC*. Recuperado en Abril de 2020, de EL SOL DE DURANGO:
<https://www.elsoldedurango.com.mx/local/municipios/persiste-conflicto-en-minera-en-pc-4978051.html>

- Enciso, A. (2021). *Explotación minera en varias zonas protegidas*. Recuperado en Agosto de 2021, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/04/08/sociedad/explotacion-minera-en-varias-zonas-protegidas/>
- Evans, J., Fernández, A., Ize, I., Yarto, M. A., y Zuk, M. (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. México, D.F.: INE-SEMARNAT.
- FAO. (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación y comunicación internacional*. Roma, Italia. Recuperado en Agosto de 2021, de: <http://www.fao.org/3/a0510s/a0510s.pdf>
- FAO. (s.f.a). *El suelo es un CALCISOL*. Recuperado en Noviembre de 2020, de <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Calcisol.htm>
- FAO. (s.f.b). *El suelo es un DURISOL*. Recuperado en Noviembre de 2020, de <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Durisol.htm>
- FAO. (s.f.c). *El suelo es un LIXISOL*. Recuperado en Noviembre de 2020, de <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Lixisol.htm>
- Fernández, M. d.,y Arenas, V. (2018-2019). *Base de datos de desastres mineros de DesInventar*. México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM. Documento interno.
- Ferrari-Pedraglio, L., Morán-Zenteno, D., y González-Torres, E.A. (2007). *Actualización y adaptación de la Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2,000,000*. México, D.F.: Instituto de Geología, UNAM. Recuperado en Agosto de 2021 de: <https://www.geologia.unam.mx/contenido/carta-geologica-mexicana>
- Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI). (2 de Octubre de 2018). *Contexto de México en la Minería. Potencial Geológico*. Obtenido de GOBIERNO DE MÉXICO. Fideicomiso de Fomento Minero. Blog: <https://www.gob.mx/fifomi/articulos/contexto-de-mexico-en-la-mineria?idiom=es>
- Galochet, M. (2009). El medio ambiente en el pensamiento geográfico francés: fundamentos epistemológicos y posiciones científicas. *Cuadernos Geográficos*, 7-28.

- García, A. (2000). La cuestión ambiental en la geografía del siglo XX. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 101-114.
- García, A., y Muñoz, J. (2002). *III. Métodos y técnicas para el estudio del territorio: El paisaje en el ámbito de la geografía III.2*. México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, J. C. (18 de Julio de 2012). *Acusan a minera china de poner en riesgo a comunidad nahua de Jalisco*. Recuperado en Abril de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2012/07/18/estados/029n1est>
- García, P. (2008). ¿Una Geografía del Medio Ambiente? *Cuadernos Geográficos*, 385-388.
- Google Earth. (2020). *Imágenes satelitales*. Recuperado en Enero de 2020, de Google Earth Pro.
- Gómez, C. (3 de Mayo de 2016). *Derrama minera 400 mil litros de solución de cianuro en Sonora*. Recuperado en Abril de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2016/05/03/estados/026n1est>
- Gómez, D. (2003). *Evaluación de Impacto Ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Madrid, Barcelona, México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Gómez, D., y Gómez, M. T. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid, Barcelona, México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Gringberg, D.M.K. (1990). *Los señores del metal. Minería y metalurgia en Mesoamérica*. Cuernavaca: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Gutiérrez, M. E., y Palacio, J. L. (1987). *Primeros resultados del estudio de contaminación por jales en el norte de México (Sonora, Chihuahua y Coahuila)*. México: Facultad de Química-Instituto de Geografía. UNAM.
- Gutiérrez de MacGregor, M. T. (2003). Desarrollo y distribución urbana en México. *Investigaciones geográficas. Núm.50*.
- Hausberger, B. (1993). Una iniciativa ecológica contra la industria minera en Chihuahua (1732). *Estudios de Historia Novohispana*, 115-134.

- Hermosillo, H. (28 de Agosto de 2016). *DERRIBARÁN CASI 16 MIL ÁRBOLES PARA CONSTRUIR MINA DE GRUPO FRISCO*. Recuperado en Mayo de 2020, de LJA.MX: <https://www.lja.mx/2016/08/derribaran-casi-16-mil-arboles-construir-mina-grupo-frisco/>
- Holguín, R. (6 de Junio de 2018). *Hace 2 años termino la vida útil de la mina; proyectada a 10 años*. Recuperado en Abril de 2020, de EL HERALDO DE CHIHUAHUA: <https://www.elheraldodechihuahua.com.mx/local/hace-2-anos-termino-vida-util-de-la-mina-proyectada-a-10-anos-1741215.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1981-1991). *Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:1'000,000 Serie II (Continuo Nacional). Serie I*.
- INEGI. (1984). *Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos Nacional serie I. Escala 1:250000*.
- INEGI. (1991). *Datos Básicos de la Geografía de México*. Aguascalientes, Ags.
- INEGI. (1993). *Conjunto de Datos Vectoriales de la Serie Topográfica Escala 1:1'000,000*. Aguascalientes, Ags.
- INEGI. (2001). *Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Serie I*. Aguascalientes, Ags.
- INEGI. (2002). *Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Serie I*. Aguascalientes, Ags.
- INEGI. (2004). *Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología*. Aguascalientes. Ags.
- INEGI. (2008). *Conjunto de datos vectoriales Unidades Climáticas. Escala 1:1 000 000*.
- INEGI. (2014). *Conjunto de datos vectoriales edafológico. Continuo Nacional. Escala 1:250000 Serie II*. Edición: 2. Aguascalientes, México INEGI. (2015). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica Nacional. Escala 1:250000 serie IV*.
- INEGI. (2016). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión). Edición: 1*. Aguascalientes, México.

INEGI. (s.f.a). *Minerales metálicos*. Obtenido de Cuéntame INEGI:
<http://cuentame.inegi.org.mx/glosario/hipertexto/metalicos.htm>

INEGI. (s.f.b). *Minerales no metálicos*. Obtenido de Cuéntame INEGI:
<http://cuentame.inegi.org.mx/glosario/hipertexto/nometalicos.htm#:~:text=Cu%C3%A9ntame%20de%20M%C3%A9xico,wollastonita%20y%20yeso%2C%20entre%20otros.>

INEGI. (s.f.c). *Minerales energéticos*. Obtenido de Cuéntame INEGI:
<http://cuentame.inegi.org.mx/glosario/hipertexto/energeticos.htm>

INEGI. (s.f.d). *RED HIDROGRÁFICA DIGITAL DE MÉXICO. ESCALA 1:250000*.
Aguascalientes, Ags.

INEGI, Lugo-Hupb, J., Vidal-Zepeda, R., Fernández-Equiarte, A., Gallegos-García, A., y Zavala-Hidalgo, J. (1990-1992). Hipsometría y Batimetría. Escala 1:4000000. En *Atlas nacional de México* (pág. I.1.1). Instituto de Geografía, UNAM.

Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA). (2021). *Población de 15 años y más en rezago educativo por entidad federativa, municipio, localidad y sexo. Censo de Población y Vivienda, 2020. Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Zacatecas*. Recuperados en Agosto 2021, del Instituto Nacional para la Educación de los Adultos > Documentos: Resultados del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI | Instituto Nacional para la Educación de los Adultos | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

La Redacción. (9 de Agosto de 2006). *Grupo México, gran ganador del conflicto minero*. Recuperado en Marzo de 2020, de Proceso:
<https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2006/8/9/grupo-mexico-gran-ganador-del-conflicto-minero-45921.html>

La Voz de Michoacán. (29 de Septiembre de 2019). *Se rompe presa de Minas en Lázaro Cárdenas, evacuan familias (video)*. Recuperado en Abril de 2020, de La Voz de Michoacán: <https://www.lavozdemichoacan.com.mx/regional/se-rompe-presa-de-minas-en-lazaro-cardenas-evacuan-a-familias-video/>

- Lammers, G. (2014). Rio Sonora. La historia detrás del derrame. *Crónica ambiental*, 22-34.
- Lavell, A. M. (s.f.). *Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición*.
- Llano, M. (s.f.a). *Estudio de caso: La actividad minera en áreas naturales protegidas*. Sexto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Cartocrítica.
- Llano, M. (s.f.b). *2.5. Minería: Concesiones, proyectos y empresas*.
- López, V. M. (1994). *MANUAL PARA LA SELECCION DE METODOS DE EXPLOTACION DE MINAS*. México, D.F.: UNAM, Facultad de Ingeniería. Division de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Departamento de Explotacion de Minas y Metalurgia.
- López, V. M. (2003). *FUNDAMENTOS PARA LA EXPLOTACIÓN DE MINAS*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Lugo-Hubp, J. (1990). EL RELIEVE DE LA REPÚBLICA MEXICANA. Revista del *Instituto de Geología*. UNAM, 82-111.
- Martínez, E. (2015). “No te acabes tierra roja”. Consensos y resistencias en el enclave minero de Aquila, Michoacán. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*. No.144.
- Martínez, M. I. (2018). El extractivismo minero en América Latina: planteamientos, paralelismos y presunciones desde el caso de Guatemala. *Perfiles Latinoamericanos*, 1-28.
- Martínez, P. A., Betancourt, A., Nicolás, M., y Aguilar, M. (2010). Procesos históricos y ambientales en Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, México, 1948-1997. *Región y Sociedad vol.22 no.48*.
- Mateo, J. M. (2002). *GEOGRAFÍA DE LOS PAISAJES. PRIMERA PARTE. PAISAJES NATURALES*. La Habana: MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. UNIVERSIDAD DE LA HABANA. FACULTAD DE GEOGRAFÍA.
- Matías, P. (17 de Febrero de 2020). *Comunidad de Oaxaca gana suspensión contra subsidiarias de minera estadounidense*. Recuperado en Abril de 2020, de Proceso:

<https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2020/2/17/comunidad-de-oaxaca-gana-suspension-contra-subsidiarias-de-minera-estadunidense-238629.html>

Mayorga, P. (31 de Agosto de 2019). *Afectados por la minera Frisco: entre el temor y el abandono ante hundimientos en Chihuahua*. Recuperado en Abril de 2020, de Proceso: <https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2019/8/31/afectados-por-la-minera-frisco-entre-el-temor-el-abandono-ante-hundimientos-en-chihuahua-230333.html>

Minería en línea. (12 de Enero de 2016). *El Sauzal se convierte en la primera mina del mundo que se da de baja en virtud del Código Internacional para el Manejo de Cianuro*. Recuperado en Abril de 2020, de minería en línea: <https://mineriaenlinea.com/2016/01/el-sauzal-se-convierte-en-la-primera-mina-del-mundo-que-se-da-de-baja-en-virtud-del-codigo-internacional-para-el-manejo-de-cianuro/>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2015). *GLOSARIO TÉCNICO MINERO*. Bogotá, D.C.

Miranda, M. (24 de Marzo de 2018). *Mina se está comiendo al pueblo de La Colorada en Sonora*. Recuperado en Mayo de 2020, de La Silla Rota: <https://lasillarota.com/sonora-mina-pitalla-la-colorada-dano-ambiental/218739>

Montoya, J. R. (2 de Octubre de 2019). *Investigarán a Minera Autlán por polución de río en Hidalgo*. Recuperado en Marzo de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2019/10/02/estados/030n2est>

Narro, J. (04 de Agosto de 2019). *Para entender el conflicto de la mina Peñasquito*. Recuperado en Marzo de 2020, de MILENIO: <https://www.milenio.com/opinion/jose-narro-cespedes/columna-jose-narro-cespedes/para-entender-el-conflicto-de-la-mina-penasquito>

NO A LA MINA. (25 de Abril de 2014). *MINA MULATOS ENVENENA LA REGIÓN*. Recuperado en Abril de 2020, de NO A LA MINA: <https://noalamina.org/latinoamerica/mexico/item/12576-mina-mulatos-envenena-la-region>

- NO A LA MINA. (10 de Diciembre de 2015). *OTRA MINERA VIERTE AL MENOS 8 MIL LITROS DE SOLUCIÓN DE CIANURO EN SONORA*. Recuperado en Mayo de 2020, de NO A LA MINA: <https://noalamina.org/latinoamerica/mexico/item/14933-otra-minera-vierte-al-menos-8-mil-litros-de-solucion-de-cianuro-en-sonora>
- NO A LA MINA. (29 de Julio de 2016). *POBLADORES DE MULATOS DICEN QUE EL CIANURO DE MINERA LLEGÓ A SUS PATIOS*. Recuperado en Mayo de 2020, de <https://noalamina.org/latinoamerica/mexico/item/15997-pobladores-de-mulatos-dicen-que-el-cianuro-de-minera-llego-a-sus-patios>
- NOTIMEX. (04 de Septiembre de 2014). *Profepa clausurara terrenos de mina Las Truchas, Michoacán*. Recuperado en Mayo de 2020, de MILENIO: <https://www.milenio.com/estados/profepa-clausurara-terrenos-mina-truchas-michoacan>
- Noyola, R. (2006). *Tesis: Escenarios para la Gestión Ambiental: La Zona Minera de Villa de la Paz-Matehuala, SLP*. Universidad Autónoma de San Luís Potosí.
- Ocampo, S. (28 de Abril de 2014). *Conflicto entre ejidatarios de Carrizalillo y la minera Goldcorp cumple 27 días*. Recuperado en Mayo de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2014/04/28/estados/040n2est>
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina (OCMAL) (s.f.a). *Conflicto minero: Despojo de tierras y guerra de carteles en la mina Dolores, Chihuahua*. Recuperado en Mayo de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/43
- OCMAL. (s.f.b). *Conflicto minero: El Derrame: El Derrame de Minera María*. Recuperado en Mayo de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/37
- OCMAL. (s.f.c). *Conflicto Minero: El ejido el Bajío lucha contra Fresnillo por invadir sus tierras*. Recuperado en Mayo de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/998
- OCMAL. (s.f.d). *Conflicto minero: Ejidatarios denuncian apropiación de tierras y contaminación de minera Real de Ángeles*. Recuperado en Mayo de 2020, de

Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina:
https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/949

- Oliver-Smith, A., Alcántara-Ayala, I., Burton, I., y Lavell, A. M. (2016). *Investigación Forense de Desastres. Un marco conceptual y guía para la investigación*. México, D.F.: FORIN. Instituto de Geografía, UNAM.
- Olmos, S., Bluhm, J., Nuñez, E. P., y Escalona, F. J. (2013). *RESEÑA HISTORICA Y SITUACION ACTUAL DE LA MINERIA EN ZACATECAS; ASPECTOS SOCIALES, ECONOMICOS Y AMBIENTALES*. "Segundo Congreso Latinoamericano de Ciencias Sociales: Las Crisis en América Latina, Diferentes Perspectivas Y Posibles Soluciones".
- Ordóñez-Cortés, J. E. (1986). *Minas Mexicanas. Tomo I. Sección México*.
- Ordóñez-Cortés, J. E. (2009). Cronología minera mexicana. En K. F. Clark, G. A. Salas-Pizá, y R. Cubillas-Estrada, *Geología Económica de México* (págs. 1-29). Pachuca, Hidalgo: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
- Oropeza, O., Cram, S., Fernández, M. d., Arenas, V., y Figueroa, J. M. (en prensa). La minería a cielo abierto y su impacto ambiental en México. En Sánchez-Salazar, *Atlas de la Minería en México*. Instituto de Geografía, UNAM.
- Padilla, L. S., y Luna, A. M. (2014). Construcción del marco teórico de la geografía ambiental. En M. C. Cervantes, A. M. Franco, y M. d. Juárez, *Geografía ambiental de México* (págs. 33-49). México, Distrito Federal: Jornadas.
- RAMSAR. (2014). *LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL*. Recuperado el Octubre de 2020, de Ramsar: <https://www.ramsar.org/es/sitios-paises/los-humedales-de-importancia-internacional>
- Reboratti, C. (2011). GEOGRAFÍA Y AMBIENTE. En G. Bocco, P. S. Urquijo, y A. Vieyra, *GEOGRAFÍA Y AMBIENTE EN AMÉRICA LATINA* (págs. 21-44). Morelia, Michoacán, México: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA).
- REMAMX.ORG. (23 de Enero de 2020). *SEMARNAT niega autorización para la explotación del Proyecto Minero Cerro del Gallo en Dolores Hidalgo, Gto.*

Recuperado en Abril de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: <https://www.ocmal.org/semarnat-niega-autorizacion-para-la-explotacion-del-proyecto-minero-cerro-del-gallo-en-dolores-hidalgo-gto/>

Ripley, E. A., Rendmann, R. E., y Crowder, A. A. (1996). *ENVIROMENTAL EFFECTS OF MINGING*. Delray, Beach FL: St. Lucie Press.

Romero, D. (9 de Octubre de 2018). *Ejidatarios denuncian contaminación causada por mina en Álamos*. Recuperado en Mayo de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: <https://www.ocmal.org/ejidatarios-denuncian-contaminacion-causada-por-mina-en-alamos/>

Romo, A. (8 de Marzo de 2019). *Investigarán presunta contaminación de mina de Carlos Slim en Asientos*. Recuperado en Mayo de 2020, de Newsweek. México: <https://newsweekespanol.com/2019/03/investigaran-presunta-contaminacion-de-mina-de-carlos-slim-en-asientos/>

Salazar, E. (20 de Abril de 2013). *LA MINA PEÑA COLORADA DEVASTA TERRITORIO NAHUA*. Recuperado en Abril de 2020, de <https://www.jornada.com.mx/2013/04/20/cam-mina.html>

Salazar, H., y Rodríguez, M. (2015). *Miradas en el territorio. Cómo mujeres y hombres enfrentan la minería*. México, D.F.: HEINRICH BÖLL STIFTUNG. MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE.

Sánchez-Salazar, M. T. (en prensa). *Atlas de la Minería en México*. Instituto de Geografía, UNAM.

Sánchez-Salazar, M. T., y Casado-Izquierdo, J. M. (2018-2019). *Base de Datos de las Principales Unidades Mineras, según tipo de minado, beneficio y origen del capital, 1990-2012*. Instituto de Geografía, UNAM. Documento interno.

Santos, J., y G. Partida, J. C. (8 de Mayo de 2013). *Desalojan a opositores a minera china en Jalisco*. Recuperado en Mayo de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2013/05/08/estados/040n1est>

SDP noticias. (09 de Junio de 2016). *Acusan a Minera El Boleo de contaminar y provocar mortandad de tortugas (VIDEO)*. Recuperado en Abril de 2020, de

SDPnoticias.com. BAJA CALIFORNIA SUR:
<https://www.sdpnoticias.com/local/baja-california-sur/contaminar-minera-acusan-boleo.html>

Secretaría de Economía. (17 de Febrero de 2021). *Minería*. Recuperado en Febrero de 2021, de GOBIERNO DE MÉXICO. Secretaría de Economía. Acciones y programas: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>

Secretaría de Marina. (14 de Octubre de 2019). *La Armada de México rescata a más de 40 personas en inmediaciones de San Juan de la Costa, Baja California Sur*. Recuperado en Mayo de 2020, de Secretaría de Marina. Prensa: <https://www.gob.mx/semar/prensa/la-armada-de-mexico-rescata-a-mas-de-40-personas-en-inmediaciones-de-san-juan-de-la-costa-baja-california-sur-223101>

Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). (s.f.). *Áreas Naturales Protegidas*. Recuperado en Octubre de 2020, de GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. Programas: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/areas-naturales-protegidas>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (13 de agosto de 2018). *Impacto ambiental y tipos de impacto ambiental*. Obtenido de Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Acciones y programas.: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/impacto-ambiental-y-tipos-de-impacto-ambiental>

SEMARNAT y CONANP. (2017). *182ANP_Geo_ITRF08_Noviembre_2017. Edición: 2017*. Recuperado en Septiembre de 2020, de PORTAL DE GEOINFORMACIÓN 2020. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD (SNIB): <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2017a). *Explotación minera*. Obtenido de GOBIERNO DE MÉXICO. SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. Museo virtual. Aplicaciones de la geología: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Explotacion-minera.html

- SGM. (2017b). *Clasificación de los minerales*. Obtenido de GOBIERNO DE MÉXICO. SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. Museo virtual. Minerales <http://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Minerales/Clasificacion-de-los-minerales.html>
- SGM. (2017c). *Beneficio y transformación de minerales*. Obtenido de GOBIERNO DE MÉXICO. SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO. Museo virtual. Aplicaciones de la geología: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Beneficio-y-transformacion--minerales.html
- SGM. (2019a). *Continuo Nacional de Geología de la República Mexicana (1995-2005). Escala 1:250000 en formato digital. Geoinfomex, sistema de consulta.*
- SGM. (2019b). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2018. Edición 2019*. Pachuca, Hidalgo: GOBIERNO DE MÉXICO. SECRETARÍA DE ECONOMÍA, SUBSECRETARÍA DE MINERÍA.
- SGM. (2020a). *Panorama Minero del Estado de Zacatecas*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/ZACATECAS.pdf>
- SGM. (2020b). *Panorama Minero del Estado de Querétaro*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/QUERETARO.pdf>
- SGM. (2020c). *Panorama Minero del Estado de Hidalgo*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/HIDALGO.pdf>
- SGM. (2020d). *Panorama Minero del Estado de Guanajuato* . Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/GUANAJUATO.pdf>
- SGM. (2020e). *Panorama Minero del Estado de Durango*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/DURANGO.pdf>
- SGM. (2020f). *Panorama Minero del Estado de Sinaloa*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/SINALOA.pdf>
- SGM. (2020g). *Panorama Minero del Estado de San Luis Potosí*. Recuperado en Diciembre de 2020 de http://www.sgm.gob.mx/pdfs/SAN_LUIS_POTOSI.pdf

- SGM. (2020h). *Panorama Minero del Estado de Michoacán*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/MICHOACAN.pdf>
- SGM. (2020i). *Panorama Minero del Estado de Nuevo León*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/NUEVOLEON.pdf>
- SGM. (2020j). *Panorama Minero del Estado de Veracruz*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/VERACRUZ.pdf>
- SGM. (2020k). *Panorama Minero del Estado de Coahuila*. Recuperado en Diciembre de 2020 de <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/COAHUILA.pdf>
- SGM. (s.f.a). *Provincias metalogenéticas. Escala 1:250000*. Recuperado en Noviembre de 2020, de <https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/>
- SGM. (s.f.b). *Principales operaciones mineras en exploración, desarrollo y/o explotación. Proyectos mineros de mayor importancia en México*. Recuperado en Noviembre de 2020, de GEOINFOMEX: <https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/>
- SGM. (s.f.c). *Principales operaciones mineras en exploración, desarrollo y/o explotación. Yacimientos de clase mundial*. Recuperado en Noviembre de 2020, de GEOINFOMEX: <https://www.sgm.gob.mx/GeoInfoMexGobMx/>
- Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Tarragona, R. (02 de Marzo de 2020). *Exhiben riesgo ambiental de salinera*. Recuperado en Abril de 2020, de REFORMA: https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&urlredirect=https://www.reforma.com/exhiben-riesgo-ambiental-de-salinera/ar1886756?referer=--7d616165662f3a3a6262623b727a7a7279703b767a783a--
- Taylor, L. D. (2008). La riqueza escondida del desierto: la búsqueda de metales preciosos en el noroeste de Sonora durante los siglos XVIII y XIX. *Región y sociedad vol.20 no. 42*.
- Tomás, J. E. (2013). *Estudios de impacto ambiental. Manual práctico para su elaboración*. Publicaciones Universidad de Alicante.

- Toscana, A., y Hernández, P. d. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del cobre de Cananea. *Investigaciones geográficas*. Núm.93., 1-14.
- Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de Naciones Unidas (UNISDR). (2009). *Terminología sobre reducción de riesgo de desastres*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.
- Uribe, S. E., y Rodríguez, G. E. (10 de Octubre de 2019). *Minera Peñasquito, entre el negocio y la vida de las comunidades de Mazapil*. Recuperado en Mayo de 2020, de Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina: <https://www.ocmal.org/minera-penasquito-entre-el-negocio-y-la-vida-de-las-comunidades-de-mazapil/>
- Vadillo, L. (s.f.). *EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA MINERÍA A CIELO ABIERTO*. Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Valdez, J. (21 de Enero de 2015). *Cierra mina en Choix, Sinaloa; quedan sin empleo 300 obreros*. Recuperado en Abril de 2020, de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2015/01/21/estados/028n2est>
- Valenzuela, M. (19 de Enero de 2014). *Piedras verdes: El desencanto de un pueblo mágico*. Recuperado en Mayo de 2020, de desinformémonos: <https://desinformemonos.org/piedras-verdes-el-desencanto-minero-de-un-pueblo-magico/>
- Valladares de la Cruz, L. (2017). EL DESPOJO DE LOS TERRITORIOS INDÍGENAS Y LAS RESISTENCIAS AL EXTRACTIVISMO MINERO EN MÉXICO. *e-cadernos CES*, 21-45.
- Vidal, R. (2005). *LAS REGIONES CLIMÁTICAS DE MÉXICO. I. TEXTOS MONOGRÁFICOS: 2.NATURALEZA*. México, D.F.: Instituto de Geografía.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En A. Maskrey, *Los Desastres No Son Naturales* (págs. 11-41). LA RED. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.