



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

“PAISAJE, CAMBIO DE USO DE SUELO Y CAUSALES DE NEGATIVA DEL MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO UNIDAD MINERA LA CARIDAD, NACUZARI DE GARCÍA, SONORA.”

Trabajo terminal

Presenta:

Rosa Lucila Valentina Cazarez Soberanes

Ensenada, Baja California a Octubre de 2019.

Ensenada, Baja California, a 26 de septiembre de 2019.

Rosa Lucila Valentina Cazarez Soberanes

Presente.

Por este conducto le informo que después de haber leído su trabajo terminal titulado: **“PAISAJE, CAMBIO DE USO DE SUELO Y CAUSALES DE NEGATIVA DEL MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO UNIDAD MINERA LA CARIDAD, NACUZARI DE GARCÍA, SONORA.”**; considero que cumple con los requisitos necesarios para aprobar la fase escrita de su examen reglamentario.

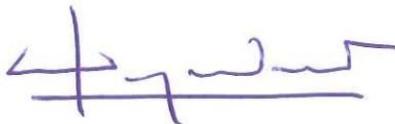
Sin más por el momento quedo de usted para cualquier aclaración.

Atentamente,



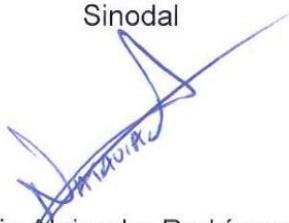
M.C. Patricia Margarita Aceves Calderón

Directora



Dr. Carlos Francisco Peynador Sánchez

Sinodal



Dra. Natalia Alejandra Rodríguez Revelo

Sinodal

RESUMEN

Dada la naturaleza de las operaciones realizadas por la actividad minera, se generan impactos en el medio ambiente, entre ellos la alteración del paisaje natural, provocando la pérdida de cobertura vegetal por el Cambio de Uso de Suelo (CUS). Para realizar las actividades operativas de la actividad minera y cumpliendo con la legislación ambiental se requiere presentar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), documento en el cual se da a conocer el impacto que será generado por la actividad, así como las medidas de mitigación y/o compensación de los impactos ambientales negativos identificados, conforme a lo establecido en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Para el proyecto de la mina La Caridad, ubicada en Nacoziari, Sonora, se aceptó la realización de la actividad según lo estipulado en la MIA, dicha autorización tiene una vigencia por 60 años, ante este hecho se realizó un análisis de las causales de negativa de la MIA, presentado para el proyecto minero, considerando los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo y la pérdida de cobertura vegetal por cambios de uso de suelo a través del tiempo. Para cumplir con los objetivos del proyecto se realizó la caracterización de la zona de estudio, se identificaron los impactos en el paisaje, se dio a conocer la historia del mineral de Nacoziari y la transformación del paisaje que ha causado, el desarrollo del complejo minero y sus áreas de proceso, se realizó un listado de los servicios ecosistémicos que se han perdido por los impactos en el paisaje y su transformación. Se cuantificó la pérdida de cobertura vegetal en la zona de estudio por medio de la digitalización de imágenes Landsat y el uso de un Sistema de Información Geográfica, considerando un periodo de tiempo del año 1977 al 2019, y por último se realizó el análisis de la MIA para establecer si existen causales de negativa, considerando que la LGEEPA establece que se puede negar la autorización cuando se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables, la obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, y por último que exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate. Se obtuvo una matriz que represente la cuantificación de la pérdida de cobertura vegetal en la zona de estudio y se determinó si fue correcta la aprobación de la MIA. Se podrá concluir si se está cumpliendo o no con lo estipulado en la LGEEPA.

Palabras clave: minería, impacto ambiental, paisaje, cambio de uso de suelo, servicios ecosistémicos.

AGRADECIMIENTOS

A CONACyT por la beca de manutención proporcionada para cursar la especialidad.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al programa de Especialidad en Gestión Ambiental.

A la M.C. Patricia Aceves por todo el apoyo recibido durante el proceso de realización del trabajo terminal, desde que fui a buscarla para que me orientara en mi tema, por las numerosas asesorías y consejos con los que me transmitió su experiencia, mil gracias.

A los doctores Carlos Peynador y Natalia Rodríguez por ayudarme y apoyarme a cumplir con mis objetivos, por los consejos para aterrizar de manera concreta el planteamiento del problema, por las asesorías y siempre tener disponibilidad y una sonrisa.

A la Dra. Blanca Lara, por recibirme para realizar la estancia estudiantil en el Colegio de Sonora, por el apoyo recibido y siempre estar al pendiente de mí.

Al Lic. Marco Lazcano por su ayuda y su motivación al proporcionarme la información necesaria para desarrollar más a fondo el tema de mi trabajo terminal, por sus enseñanzas durante las clases y por siempre aconsejarnos a mejorar día con día.

Al Ing. José Octavio Rojo Sánchez porque al dañarse mi laptop fue la primera persona que se dispuso a ayudarme al punto de prestarme su computadora para continuar con mi trabajo terminal y las clases, gracias por seguir en mi vida, por todo tu apoyo, tus consejos y estar siempre para mí en todos los sentidos.

DEDICATORIA

A Dios, por la vida y porque todo lo que soy se lo debo a él, gracias por darme una vocación, por guiarme en todo momento y por hoy permitirme estar aquí.

A mis padres:

Por ser el motor de mi vida, por todos los consejos que me han brindado, por estar siempre para mí, por regalarme su tiempo, su apoyo incondicional, su confianza y todo su amor, porque sin ustedes no lo hubiera logrado, son mi más grande orgullo Rosa María Soberanes Espinoza y Samuel Cazarez Mejía.

A mis hermanos:

José Samuel y Janeth Adriana de Jesús por todos los momentos que juntos hemos compartido, por todas las experiencias y aprendizajes, por estar siempre para mí y por regalarme su amor, Teresita de Jesús por llegar a nuestras vidas y convertirte en mi nueva hermana, por siempre estar para mí y alentarme a ser mejor.

A mi familia:

A mis abuelas, Rosa Elvira y Elsa Lucila, por su sabiduría, sus consejos y por siempre animarme a seguir adelante, a mis abuelos que desde el cielo sé que cuidan de nosotros. A mis tíos y primos por los momentos que hemos pasado juntos. Ante todo a Dios por esta gran familia.

A mis amigos por ser parte de mi familia, por confiar en mí, por sus consejos, motivación y por escucharme cada que lo necesito, por ser parte de mis días.

A mis compañeros de clases y profesores, por compartir sus conocimientos y opiniones día con día, por su retroalimentación y sus buenos consejos.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Antecedentes</i>	2
1.1.1. Minería en México	2
1.1.2. Minería en Sonora	3
1.1.3. Minería	4
1.1.4. Minería y medio ambiente	5
1.1.5. Marco regulatorio	6
1.2. <i>Planteamiento del problema</i>	8
1.3. <i>Justificación</i>	10
1.4. <i>Objetivos</i>	10
1.4.1. <i>Objetivos específicos</i>	10
II. MARCO CONCEPTUAL	12
2.1. <i>Paisaje</i>	12
2.2. <i>Cambio de uso de suelo</i>	13
2.3. <i>Servicios ecosistémicos</i>	13
2.4. <i>Manifestación de Impacto Ambiental</i>	13
III. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	16
3.1. <i>Localización geográfica</i>	16
3.2. <i>Ubicación del proyecto minero La Caridad</i>	17
3.3. <i>Clima</i>	19
3.4. <i>Hidrología</i>	19
3.4.1. <i>Cuerpos de agua cercanos</i>	20
3.5. <i>Flora y fauna</i>	20
3.5.1. <i>Flora</i>	20
3.5.2. <i>Fauna</i>	21
3.6. <i>Áreas Naturales Protegidas</i>	21
3.7. <i>Regionalización de CONABIO</i>	22

3.7.1. Regiones Terrestres Prioritarias.....	22
3.7.2. Regiones Hidrológicas Prioritarias.....	23
3.7.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	24
IV. METODOLOGÍA.....	25
4.1. <i>Identificación los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo a través del tiempo.</i>	25
4.2. <i>Cuantificación del cambio de uso de suelo por actividades mineras con el paso del tiempo en el área de estudio</i>	25
4.3. <i>Análisis de la MIA presentada y aprobada para el proyecto en ejecución para establecer la probable existencia de causales de negativa según la LGEEPA</i>	26
V. RESULTADOS	28
5.1. <i>Identificación los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo a través del tiempo.</i>	28
5.1.1. Inicios de la minería en el mineral de Nacozari	28
5.1.2. La Moctezuma Copper Company y las primeras transformaciones del paisaje.....	29
5.1.3. Grupo México y las mayores transformaciones del paisaje.	30
5.1.4. El desarrollo del complejo minero La Caridad.	31
5.1.5. Las transformaciones del paisaje y pérdida de servicios ecosistémicos	35
5.2. <i>Cuantificación del cambio de uso de suelo por actividades mineras con el paso del tiempo.</i>	37
5.3. <i>Análisis de la MIA presentada y aprobada para el proyecto en ejecución para establecer la probable existencia de causales de negativa según la LGEEPA</i>	41
5.3.1. Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.	42
5.3.2. La obra o actividad de que se trate propiciará que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies.	42
5.3.3. Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.	43
VI. DISCUSIÓN	49
VII. CONCLUSIONES	53
VIII. REFERENCIAS.....	55
IX. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación hidrológica del municipio de Nacozari de García	20
Tabla 2. Autorizaciones obtenidas en materia de impacto ambiental	35
Tabla 3. Impactos en paisaje que afectan los servicios ecosistémicos	37
Tabla 4. Resultado del análisis de cambio de uso de suelos total por periodos de evaluación	38

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de localización	17
Mapa 2. Regiones, distritos y zonas mineras de Sonora.....	18
Mapa 3. Transformación del paisaje en el Distrito minero de Nacozari y su articulación con el Distrito Minero de Cananea	31
Mapa 4. Áreas de proceso en mina La Caridad	33
Mapa 5. Cambio de uso de suelo por actividad minera en los años 1977 y 1988.....	40
Mapa 6. Cambio de uso de suelo por actividad minera en los años 1998, 2008 y 2019.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultado del análisis de cambio de uso de suelo por periodos evaluados en la mina La Caridad.	39
---	----

I. INTRODUCCIÓN

En México uno de los aspectos que más han influido en la historia económica del país y que lo han colocado en un primer plano en contexto mundial es la riqueza de los yacimientos minerales. Desde su comienzo, la actividad minera mexicana ha estado sujeta a los intereses de desarrollo de otras naciones, desde el mercantilismo europeo hasta el desarrollo industrial de la Europa atlántica y de los Estados Unidos (Coll-Hurtado *et al*, 2002).

La actividad minera ha estado presente en su desarrollo como un factor significativo de modernización y avance al proporcionar insumos a casi todas las industrias como la construcción, la metalúrgica, la siderúrgica, la química y la electrónica. Forma parte de la fabricación de artículos de uso cotidiano, que van desde lápices, relojes, joyas, televisores, computadoras, automóviles y camiones, además de la construcción de casas, edificios y carreteras, hasta la manufactura de una gran variedad de maquinaria y equipo.

En la actualidad, en México existen alrededor de 1,189 proyectos mineros, de los cuales más de la mitad de ellos están dirigidos exclusivamente a la extracción de metales preciosos. Si se considera que la combinación de un metal precioso con un metal base también tiene como objetivo fundamental la remoción de oro y plata, se puede afirmar que el 68% de los proyectos mineros en el país se centran en la extracción de estos dos minerales y únicamente el 12% de los proyectos extrae metales básicos o industriales (Pérez, 2016).

La evolución de la tecnología utilizada en la actividad minera ha permitido que la extracción sea viable económicamente y con un gran incremento con el paso del tiempo. La realización de la minería a cielo abierto ocasiona que los impactos en el paisaje son mayores, debido a que antes la actividad era subterránea y para llevarla a cabo se realizaban túneles, chimeneas o galerías.

Aunque a nivel internacional los proyectos más ambiciosos o megaproyectos son de capital extranjero, en el caso de México se trata de una empresa nacional, líder en la producción de cobre a nivel mundial, la cual ejerce operaciones de bajo costo, realizando actividades de

exploración, explotación y obtención de minerales, metales y otros subproductos, comercializándolos en diferentes mercados y sectores industriales del mundo.

Grupo México, además de tener presencia mundial, tiene el primer lugar en producción de cobre en México y Perú y es el tercer productor de cobre más grande en Estados Unidos, el cuarto productor de cobre a nivel mundial. Además, cuenta con las mayores reservas de cobre del mundo y con menores costos de extracción en la industria.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Minería en México

En la época prehispánica la actividad era realizada a pequeña escala, teniendo como fin la elaboración de objetos de lujo dedicados al culto religioso, los antiguos mexicanos explotaban minerales que se encontraban en su estado nativo como oro, plata, cobre, estaño y mercurio (Coll-Hurtado *et al*, 2002). Existen abundantes indicios acerca de los conocimientos mineros de los pueblos prehispánicos, en diversos lugares de México se han encontrado restos de los trabajos mineros realizados por indígenas, utilizando el método de torrefacción*¹ (Muñoz, 1986).

Durante la colonia el desarrollo del mercantilismo europeo y su política expansionista modificaron la economía de la Nueva España, estableciendo tres actividades productivas primordiales: agricultura, ganadería y minería, convirtiendo a la minería en la actividad primordial para la corona española, basándose en la explotación de oro y plata, dicha actividad ocasiono grandes modificaciones al paisaje: abriendo caminos por tierras inexploradas (Coll-Hurtado *et al*, 2002).

Durante el siglo XIX la minería destacó debido a que la producción era dirigida a la explotación de metales preciosos, limitándose exclusivamente a la plata, las vetas eran de muy baja ley y la abundancia de las minas existentes, hasta la fecha las minas de plata más productivas son las mexicanas (Muñoz, 1986).

¹Torrefacción: Tostadura. En este caso, de la roca para quebrarla y desprender los minerales

La minería es también uno de los ejes que permiten entender el tránsito del país al siglo XX, ya sea como importante fuente de divisas, o bien como uno de los escenarios en el que se revelaron las tensiones sociales e injusticias de la etapa porfirista y algunas de las causas que incitaron la Revolución de 1910 (INECC, 2007).

La producción minera depende de ciertos factores naturales, económicos y tecnológicos, empezando por las características del yacimiento, las cuales determinan la cantidad y la calidad del mineral a extraer, en los costos de producción inciden la ley de mena y el tipo de beneficio a utilizar ya que varían según la disposición y la distribución de las vetas, el tipo de rocas y la reserva comprobada que tenga el yacimiento (Coll-Hurtado *et al*, 2002).

1.1.2. Minería en Sonora

El estado de Sonora presenta condiciones geológicas y tectónicas que permiten el emplazamiento de diversos yacimientos minerales metálicos y no metálicos, estando presentes en la mayor parte de la superficie de la entidad. La mineralización se presenta por zonas, lo que permite definir Regiones Mineras, Distritos Mineros, Zonas Mineras y Áreas Mineralizadas (SGM, 2017).

Históricamente, la minería ha desempeñado un papel de gran relevancia para la economía del estado de Sonora. En la época del virreinato se establecieron centros mineros en la provincia de Sonora, mayormente en la parte oriental y noroeste, y durante el porfirato hubo un crecimiento con respecto a la explotación del cobre y minerales con fines industriales (Taylor, 2008).

Los primeros yacimientos minerales de Sonora fueron descubiertos en 1640, siendo principalmente de plata. En las décadas posteriores se encontraron nuevos yacimientos como los de San Juan Bautista (1657), Nacozari (1660), San Ildefonso de Ostimuri (1673) y Álamos (1683), que llegaron a convertirse en los centros más productivos de la región (Taylor, 2008).

En los últimos años, la actividad minera ha sido la más importante y relevante en el ámbito nacional. Los niveles de producción en los minerales metálicos, como cobre y molibdeno como subproducto del cobre, y el oro son los tres principales minerales que se minan en el estado, representando el 90% aproximadamente de los bienes minerales que producen en Sonora (SGM, 2017).

Sonora ocupa el primer lugar nacional de producción de cobre, representando el 85% del total nacional. Los municipios que contribuyen para que el estado sea considerado como uno de los más importantes productores mineros son Cananea, Nacoziari de García, Álamos, Caborca, entre otros (SGM, 2017).

De acuerdo con la información publicada por el Servicio Geológico Mexicano (SGM), la superficie concesionada para la actividad minera representa el 29.34% de la superficie total del estado de Sonora, contando con una infraestructura de más de 40 plantas de beneficio para el procesamiento de minerales metálicos y no metálicos (SGM, 2017).

1.1.3. Minería

La minería es la extracción selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre de los cuales se puede obtener un beneficio económico, así como la actividad económica primaria relacionada con ella. Dependiendo del tipo de material a extraer la minería se divide en metálica, no metálica y piedras ornamentales y de construcción (Anglo Gold Ashanti, 2010), así mismo existen dos tipos de explotación minera, minería subterránea y minería a cielo abierto.

La minería subterránea explota los minerales por debajo de la superficie del suelo debido a que el proceso de extracción a cielo abierto no es posible por factores ambientales o económicos, para llevarla a cabo se realizan túneles, pozos, chimeneas o galerías.

Las innovaciones técnicas que ha experimentado la minería a partir de la segunda mitad del siglo pasado han modificado radicalmente la actividad, de modo que se ha pasado del

aprovechamiento de vetas subterráneas de gran calidad de explotación –en minas a cielo abierto- de minerales de menor calidad diseminados en grandes yacimientos (AECO-AT, 2001).

En la minería a cielo abierto las actividades y operaciones mineras son desarrolladas en superficie (Anglo Gold Ashanti, 2010). Es una actividad industrial de alto impacto ambiental, económico, y social. Realiza las extracciones mineras en la superficie del suelo, realizando excavaciones en el yacimiento ya sea por medios mecánicos o explosivos.

1.1.4. Minería y medio ambiente

La minería es una de las actividades económicas y de producción más nocivas que existen en nuestro país, el modelo de extracción de minerales del subsuelo a cielo abierto destruye cerros completos y en el proceso de lixiviación del mineral se usan químicos altamente contaminantes (López y Eslava, 2018). Así mismo, se caracteriza por la gran cantidad de residuos que genera, algunos potencialmente tóxicos, causando impacto en la salud humana y en el medio ambiente cuando no son manejados de la manera adecuada (Oyarzún, 2008).

La ejecución de un proyecto minero incluye acciones que impactan el medio ambiente, dichas acciones deben estudiarse según el mineral y el método de explotación a aplicar en el proceso (López-Jimeno, 1994). Las actividades mineras pueden llegar a afectar desde el subsuelo hasta la atmosfera, incluyendo cuerpos de agua superficial y subterránea, en esta actividad no es posible deducir la ubicación exacta del yacimiento a explotar como tampoco las características de los minerales, ya que pueden variar a través del yacimiento y el cambio con el tiempo, sin embargo, se debe obtener una comprensión lo más amplia posible y utilizarla correcta y efectivamente (Oyarzún, 2008).

Durante las actividades de explotación y beneficio de un yacimiento minero se utilizan sustancias químicas que una vez utilizadas se convierten a residuos peligrosos. En México la norma NOM-052-SEMARNAT-1993 define CRETIB como: "El código de clasificación de características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológicos infeccioso".

Para el almacenamiento de los residuos peligrosos se construyen presas de jales siendo estructuras de retención de sólidos y líquidos de desecho de la explotación minera. Estas construcciones pueden llegar a tener fallas y provocar eventos catastróficos.

1.1.5. Marco regulatorio

En México, en la actualidad, la minería está amparada y se beneficia del marco legal que se toma como punto de partida el artículo seis de la Ley Minera mexicana, el cual establece que “La exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias a que se refiere esta Ley son de utilidad pública, serán preferentes sobre cualquier otro uso o aprovechamiento del terreno” (Ley Minera, 1992). Pero no siempre ha sido así.

Con la Revolución de 1910 se produjeron cambios relevantes en el papel del Estado en la economía y en la tenencia y distribución de la tierra. En el artículo 27 de la Constitución de 1917 se estableció el dominio de la nación sobre la riqueza del subsuelo y se determinó un sistema de otorgamiento de concesiones a empresas nacionales y extranjeras, bajo una vigilancia gubernamental. En la minería, las empresas con participación de capital extranjero mantuvieron su presencia con un mayor grado de concentración de producción (Guevara, 2016).

Para el año de 1961, la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia de Explotación y Aprovechamiento de Recursos Minerales obligaba a las empresas mineras a que los accionistas mayoritarios del capital social fueran nacionales, esto dio paso a que se consolidaran grandes empresas mineras en nuestro país, entre ellas Grupo México, el cual tiene más del 50% de capital mexicano y cuenta con actividades en el extranjero (Lugo, 2016).

En la década de 1990, se hicieron nuevamente modificaciones a la Constitución, en el artículo 27, el cual permitió la venta de los ejidos y las tierras comunales a propietarios privados. En 1993 se modificó la Ley Minera de 1962, la nueva Ley Minera abrió la actividad económica a las empresas extranjeras en áreas reservadas al capital nacional, así mismo eliminó la exigencia de que la inversión directa estuviera asociada con inversión nacional. Otro cambio importante que se realizó es el carácter de actividad prioritaria que se le asigna a las actividades de

exploración, explotación y beneficio de los minerales, por encima de cualquier otro tipo de uso del suelo, establecido en el artículo 6 de la Ley Minera de 1993 (Guevara, 2016).

En México, se ofrecen elementos para facilitar la compra, arrendamiento y expropiación de los terrenos para la extracción de minerales, sin importar que sea propiedad comunal o que se encuentre de un Área Natural Protegida (ANP) (Lugo, 2016), áreas destinadas a la conservación, entre otras, debido a esto las empresas mineras que operan en el país encuentran “los altos precios de los metales (...), los laxos y benéficos aranceles tributarios, el marco regulatorio que privilegia a la minería respecto a otras actividades” y en aspectos ambientales, de igual manera “las leyes ambientales benevolentes ante la contaminación y destrucción del hábitat, los bajos costos salariales, los subsidios y bajos precios en los suministros de agua y electricidad.” (Rodríguez, 2013).

En el caso de la retribución de la industria minera a las cuentas nacionales, se sabe que algunos países de Latinoamérica los derechos de minería se pagan por las ventas de los productos, mientras que, en México, hasta el año 2014, los mismos se generaban principalmente por el número de hectáreas concesionadas, lo cual significa un beneficio económico para las empresas que realizan la actividad, ya que en territorio nacional el cobro por hectárea concesionada es mínimo (González, 2012), comparando el valor de producción con el pago de derechos se observa la diferencia entre el valor de los metales extraídos y los pagos que las compañías hacen para tener derecho de extracción (Peláez, 2013).

Por las innovaciones técnicas que ha experimentado la minería a partir de la segunda mitad del siglo pasado se ha modificado radicalmente la actividad, de modo que se ha pasado del aprovechamiento de vetas subterráneas de gran calidad de explotación, a extracción en minas a cielo abierto de minerales de menor calidad, los cuales se encuentran diseminados en grandes yacimientos (AECO-AT, 2001), con lo cual la extensión de las afectaciones en el territorio se acumulan.

La minería es la industria que genera cambios más drásticos y destrucción sobre el paisaje, disminuyendo la calidad de vida de las poblaciones aledañas a la zona de explotación. La

constante degradación de extensas áreas, la modificación visual por elaboración de caminos, escombreras, instalaciones eléctricas, infraestructura, talleres, entre muchos otros, reducen la calidad del paisaje, esta disminución depende de la intensidad del impacto ocasionado y está relacionado con el grado de modificación, debido al contraste, forma o color del área (Cáncer, 1999).

Para llevar a cabo las actividades que implican la operación de una mina, es necesario presentar la MIA, documento en el cual se da a conocer el impacto que será generado por la actividad, así como las medidas de mitigación y/o compensación de los impactos ambientales negativos identificados, conforme a lo establecido en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Para el proyecto de la mina La Caridad, se presentó en la Dirección General de Impacto y Riesgo (DGIR) la MIA Regional en el mes de julio del año 2018, con la finalidad de obtener la autorización de la EIRA correspondiente para las diferentes obras y/o actividades involucradas.

Se aceptó la realización de la actividad según lo estipulado en la MIA, con una vigencia de 60 años, la cual considera la operación y mantenimiento de la infraestructura ya instalada, así como la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura que se pretende desarrollar..

1.2. Planteamiento del problema

De todas las actividades económicas, la industria extractiva es la que genera mayores impactos, los cuales se presentan en varias escalas y en distintos campos. Su alcance es enorme, ya que afectan desde el subsuelo hasta la atmósfera: incluyen cuerpos de agua superficial y subterránea, producen contaminación del suelo por lubricantes y combustibles, contaminación del aire por gases y polvo, cambio de propiedades físico químicas del agua; todos los cuales pueden llegar a tener afectaciones en la salud humana, además de otro tipo de efectos sociales y económicos en localidades cercanas.

A nivel de paisaje, los efectos más graves son, entre otros, la alteración de la topografía y geomorfología de la zona, incremento de procesos de erosión y sedimentación, compactación del suelo por tráfico de la maquinaria pesada y el transporte. Como consecuencia, puede haber modificaciones en la parte alta de las cuencas, cambios en las escorrentías, e incremento del riesgo para las poblaciones humanas ante eventos naturales o desastres provocados por la propia operación minera.

Estos impactos no son puntuales, ya que, aparte de las actividades de extracción, existen otras fases del proceso de producción minera que requieren infraestructura de diferentes tipos, tales como edificios, plantas industriales, y los caminos y vías férreas que conectan el complejo minero con otros centros de producción minera, y con el mercado global. Además, por encontrarse los yacimientos en zonas remotas en las sierras, también deben construirse servicios básicos para la población que se crea a partir del arranque de estos proyectos.

Esta transformación del paisaje también afecta a los ecosistemas en donde se ubican los complejos industriales. La pérdida de la cobertura vegetal producida por el CUS, no solo significa la pérdida de especies de flora, también constituye la destrucción del hábitat para especies de fauna de importancia. Y se altera la conectividad de los ecosistemas en la zona. De la misma manera, por estos impactos en el paisaje se produce la pérdida de servicios ecosistémicos, es decir, los beneficios directos o indirectos que el hombre goza a partir de la existencia de diferentes ecosistemas (Rodríguez, 2017).

Como la normatividad en materia ecológica en México no contempla estos aspectos, es necesario realizar un análisis de la MIA presentada para el proyecto del complejo minero La Caridad, para revisar los principales aspectos técnicos relacionados con los impactos ambientales del proyecto minero, en busca de inconsistencias, incongruencias o carencias de información así como errores u omisiones, que podrían haber sido causales para su negación. Deducir si la aprobación que otorgo la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de la MIA que se presentó para el proyecto en ejecución es correcta o incorrecta podrá determinar si se está cumpliendo con lo estipulado en la LGEEPA.

1.3. Justificación

Los impactos en el paisaje que las minas de Grupo México producen en la región Nacozari-La Caridad son muy extensos. Las actividades que se desarrollan para la extracción y beneficio de los minerales no son puntuales y requieren infraestructura de diferentes tipos. Los manifiestos de impacto ambiental, o MIA, que se solicitan para otorgar la autorización para desarrollar estos proyectos, solo incluyen los impactos en polígonos bien delimitados. No se consideran los efectos acumulativos que todos esos proyectos tienen sobre los ecosistemas, cuando son tomados en conjunto.

Se han realizado estudios sobre impactos de los proyectos extractivos en la salud de la población de las localidades, o sobre impactos económicos, pero no se ha realizado un análisis de los instrumentos normativos, como la MIA, por los efectos que tienen sobre el paisaje y la consecuente pérdida de servicios ecosistémicos.

Dado que la legislación minera mexicana favorece a la extracción de minerales por encima de cualquier otro uso de suelo, es importante saber si los complejos mineros cumplen con lo establecido con la normatividad ecológica, de tal forma que los impactos que produce esa actividad económica sean controlables.

1.4. Objetivos

Determinar si la Manifestación de Impacto Ambiental presentada por Mexicana de Cobre, S.A. de C.V. para el proyecto “Unidad minera La Caridad” presenta posibles causales de negativa según la legislación vigente y considerando los impactos en el paisaje y la pérdida de cobertura vegetal.

1.4.1. Objetivos específicos

1. Identificar los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo a través del tiempo, en mina La Caridad, Nacozari, Sonora.

2. Cuantificar el cambio de uso de suelo por actividades mineras con el paso del tiempo en el área de estudio.

3. Realizar un análisis de la MIA presentada y aprobada para el proyecto en ejecución, para establecer la probable existencia de causales de negativa establecidas en la LGEEPA.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Paisaje

El concepto de paisaje tiene múltiples significados y se ha estudiado desde varias perspectivas. Para este estudio, consideramos que es el resultado de la interacción de los componentes naturales o biofísicos, el cual ha sido modificado por la actividad humana. Aquí es importante considerar los elementos que se pueden “cartografiar” como, por ejemplo, el conjunto de rocas o el relieve, que son más estables, o el uso de suelo, que puede cambiar de manera dinámica (Bocco *et al.* 2009).

Este enfoque enfatiza tanto los aspectos estructurales del paisaje, que se estudian desde la geografía (la estructura horizontal o del mosaico de subecosistemas que conforman el paisaje), como los componentes funcionales, que aborda la biología, que permite acercarse a un nivel de organización superior al de ecosistema, es decir, las relaciones verticales de intercambio de materia y energía) (Bocco *et al.*, 2009). En términos ecológicos, el paisaje es la escala que permite la protección de la biodiversidad en todos los niveles biológicos

También ha sido considerado como medio de subsistencia y fuente de recursos, y, de manera simbólica, como referente de la identidad comunitaria y local (Checa-Artasu *et al.*, 2014, Giménez, 2007).

Por otro lado, el Consejo de Europa, en su Convenio Europeo del Paisaje, plantea el derecho a este importante recurso natural, reconociendo que: “el paisaje es un elemento importante de la calidad de vida de las poblaciones en todas partes: en los medios urbanos y rurales, en las zonas degradadas y de gran calidad, en los espacios de reconocida belleza excepcional y en los más cotidianos” (Consejo de Europa, 2000).

Las transformaciones que se causan al medio ambiente pueden incidir en los recursos hídricos, geológicos, biológicos, atmosféricos y socio-económicos, algunas de las consecuencias por actividades humanas pueden llegar a ser prevenibles, pero en otros casos no pueden evitarse y se convierten en irremediables (Baena y Valencia, 2016).

2.2. Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo es la modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación (DOF, 2018).

El cambio de uso de suelo generado por la explotación minera genera impactos que degradan la calidad ambiental y productiva de las zonas afectadas, entre las cuales inciden la alteración del paisaje natural y la remoción de la cobertura vegetal (Giraldo, 2017). Así mismo, causa cambios topográficos y geomorfológicos debido a la remoción de las capas superficiales del suelo causando una inestabilidad en los terrenos y como consecuencias fenómenos erosivos, mismos que eliminan la capacidad productiva del suelo.

2.3. Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos de los cuales la sociedad obtiene bienes a partir de los ecosistemas que los generan (Rodríguez, 2017), y se clasifican en cuatro funciones básicas de los ecosistemas:

1) hábitat: son los necesarios para la producción de los demás servicios ecosistémicos (el ciclo de nutrientes, la fotosíntesis), 2) provisión: son los productos que obtenemos de los ecosistemas (alimento, leña, fibras), 3) regulación: son los beneficios que se obtienen a partir de la regulación de procesos que se producen gracias al buen funcionamiento del ecosistema (como la polinización, regulación de enfermedades, y regulación climática) y 4) Información y cultura: son los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas (recreativo, turístico, estético, espiritual, cognitivo) (Groot *et al.*, (2010), citado por Rodríguez, 2017).

2.4. Manifestación de Impacto Ambiental

La LGEEPA regula acciones de las corporaciones mineras en los sitios donde se ubican los yacimientos, estableciendo que es facultad de la federación “La regulación de las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de los minerales, sustancias y demás

recursos del subsuelo que corresponden a la nación, en lo relativo a los efectos que dichas actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente” (DOF, 2018).

Para efectos de la LGEEPA, la MIA es el documento en el que se da a conocer el impacto ambiental que va a generar una obra o actividad, incluyendo la forma en que se evitara o atenuara en caso de que sea negativo, dicho documento deberá evaluarse para determinar si el proyecto será autorizado según lo estipulado en el artículo 28 de la Ley (DOF, 2018).

El instrumento que evalúa la factibilidad y que expide los permisos para estos tipos de proyectos es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en el cual la Secretaría establece las condiciones a las que se sujetaran las obras y actividades que puedan causar un desequilibrio ecológico, buscando reducir los efectos negativos en el ambiente (DOF, 2018).

Según lo establecido en el artículo 35 de la misma ley, una vez evaluada la MIA, la Secretaría emitirá la resolución correspondiente en la que podrá autorizar la obra en los términos solicitados, autorizar la obra de manera condicionada solicitando la modificación del proyecto o estableciendo medidas adicionales, y por último, negar la autorización solicitada.

Las condiciones para que una autorización sea negada son:

1. Que el proyecto se contravenga a lo establecido en la LGEEPA, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables
2. La obra propicie que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies.
3. Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra.

Aunque no se contemple en la LGEEPA, los impactos en el paisaje y los servicios ambientales deberían de ser evaluados como altamente significativo, residual y acumulativo.

En el amparo directo 575/2015, del índice del Séptimo Tribunal Colegiado en Materia Administrativa del Primer Circuito del Poder Judicial de la Federación, tratándose de un proyecto de cambio de uso de suelo para unas cabañas en la selva del sur del país, para el cual fue negada su realización debido a los impactos en el paisaje y sus servicios ambientales, justificando su importancia con base en que están incluidos en distintas leyes.

La importancia del paisaje está recogida en diversas disposiciones legales en México, como en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; y la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.

Además, también se incluyen los servicios ambientales descritos en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, que prestan los ecosistemas forestales y que son: la provisión del agua en calidad y cantidad, captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales, generación de oxígeno, amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, modulación o regulación climática, protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida, protección y recuperación de suelos, el paisaje y la recreación, entre otros.

En la Ley de Desarrollo Rural Sustentable se entiende como los servicios ambientales a los beneficios que obtiene la sociedad de los recursos naturales, tales como la provisión y calidad del agua, la captura de contaminantes, la mitigación del efecto de los fenómenos naturales adversos, el paisaje y la recreación, entre otros;”.

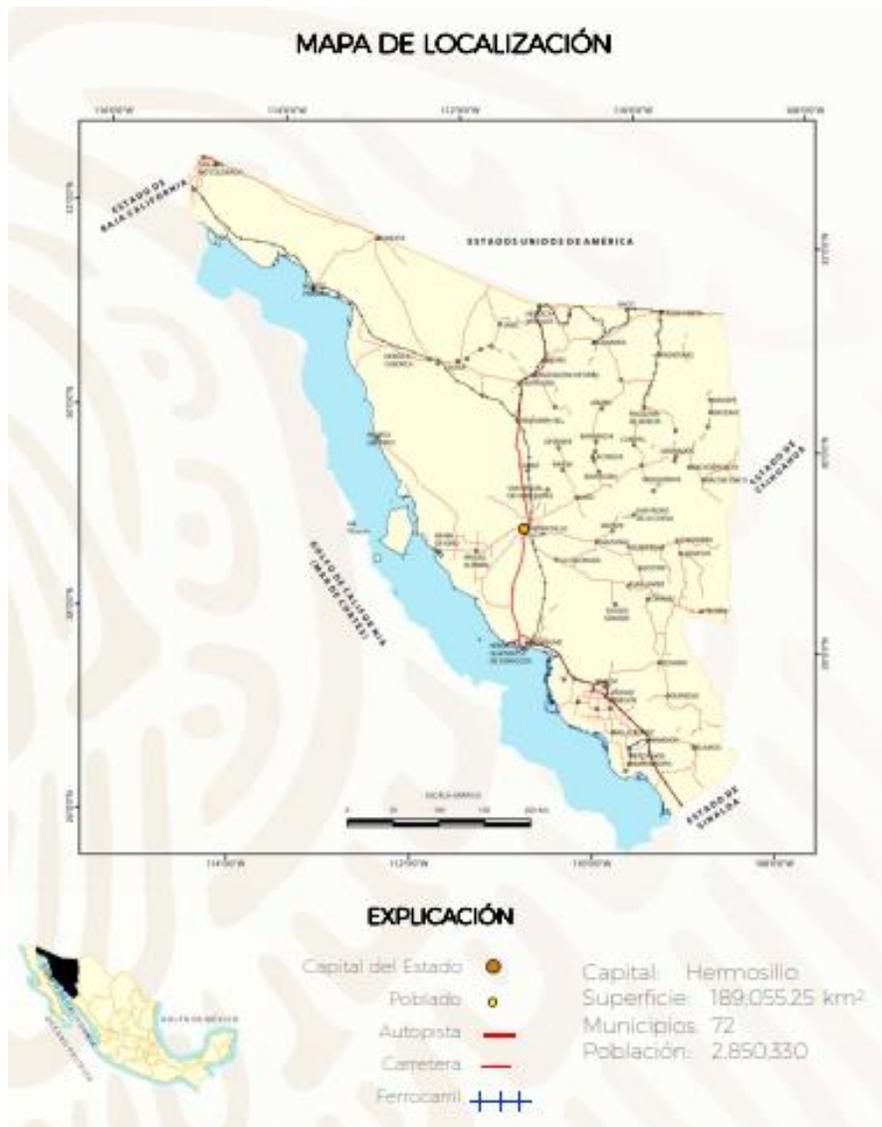
III. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Localización geográfica

Se estableció como área de estudio al complejo minero “La Caridad”, ubicado en el municipio de Nacozari de García, al noreste del estado de Sonora (Mapa 1), colindando con los municipios de Cumpas y Villa Hidalgo. Se localiza a 266 km al Noroeste de la capital del estado, la ciudad de Hermosillo y a 125 km al Sur de la ciudad de Agua Prieta. En línea recta se encuentra a 107 km al sur de la frontera con Estados Unidos de América.

Geográficamente el municipio de Nacozari de García donde se encuentra el complejo minero de La Caridad, se ubica en el paralelo 30°23' de latitud norte y a los 109°41' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1040 metros sobre el nivel del mar, colindando con los municipios: al norte con Agua Prieta, al este con Bavispe, al sureste con Bacerac, al sur con Villa Hidalgo y Cumpas, al oeste con Arizpe, y al noroeste con Bacoachi y Fronteras, el municipio posee una superficie de 3069.52 km², representando el 1.66% del total del estado y el 0.16% de la nación.

Mapa 1. Mapa de localización

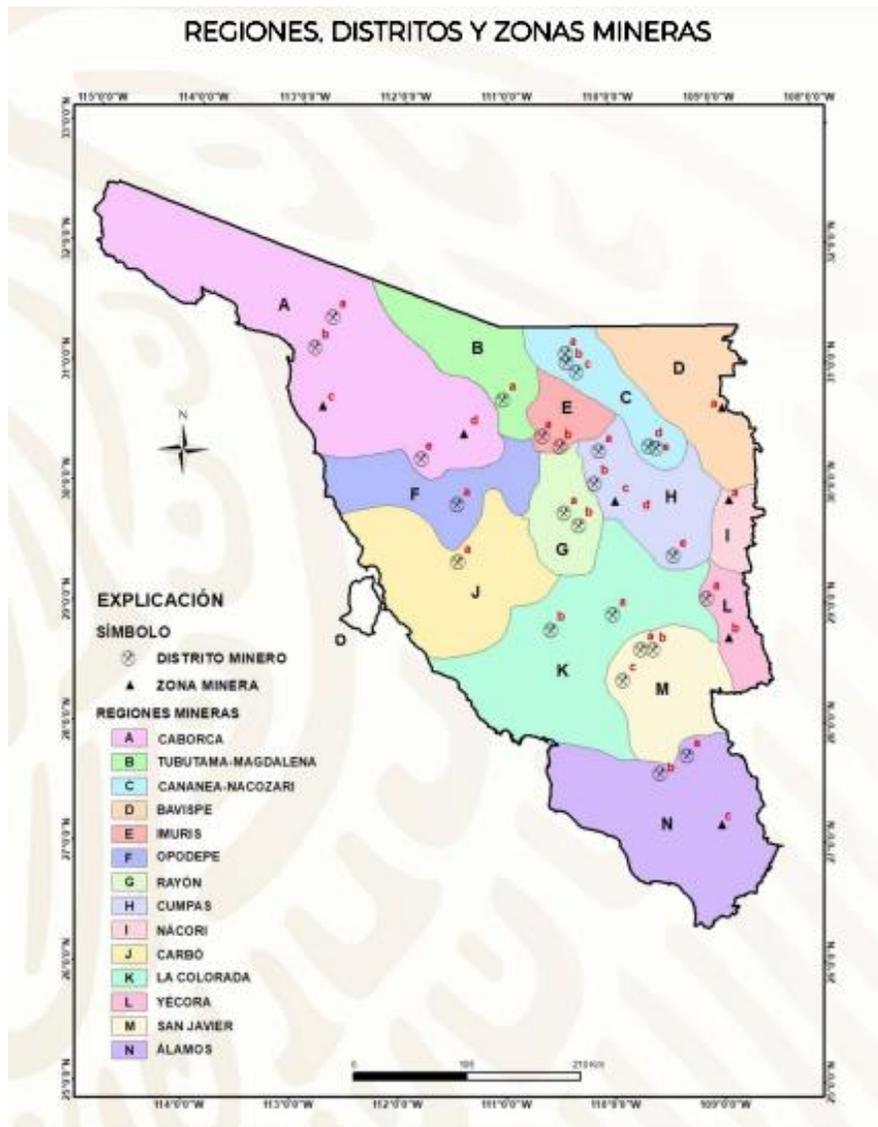


Fuente: Panorama Minero del Estado de Sonora, (SGM, 2018).

3.2. Ubicación del proyecto minero La Caridad

El complejo minero La Caridad se localiza en la Región Minera Nacozari que incluye los Distritos Mineros Nacozari y Cumobabi (Mapa 2).

Mapa 2. Regiones, distritos y zonas mineras de Sonora



Fuente: Panorama Minero del Estado de Sonora, (SGM, 2018).

El término de región minera se utiliza para nombrar una extensión de terreno que comparte rasgos estructurales y/o asociaciones minerales entre un grupo de minas o posibles prospectos, y en la cual es evidente que el potencial geológico mineral es extenso y favorable, con posibilidades de nuevos yacimientos minerales con beneficio económico para justificar trabajos a mayor detalle, siendo una alternativa para el desarrollo minero en el Estado (SGM, 2017).

Por otro lado, un distrito minero es la zona donde hubo actividad minera en el pasado y que en la actualidad puede o no continuar, y por lo regular, la producción del mineral se obtiene de varios yacimientos mineros.

3.3. Clima

La mayor parte del territorio sonorense cuenta con climas muy secos, secos y semi-secos, caracterizándose por altas temperaturas y escasa precipitación, en Sonora es donde se localiza la zona más árida del país, el Desierto de Altar. Por otro lado, la influencia altitudinal de la Sierra Madre Occidental, ubicada en el oriente del estado, se manifiestan las temperaturas menos extremas y las lluvias más abundantes considerando las de las zonas muy secas, secas y semi-secas (Plan de Desarrollo Municipal, 2016).

En el municipio de Nacozari el tipo de clima es variado, predominando el clima cálido seco, con una temperatura media máxima mensual de 27°C en verano y una temperatura media mínima mensual de 10.9°C, el régimen de lluvias se presenta en los meses de agosto a septiembre, con una precipitación media anual de 516.7 milímetros (Plan de Desarrollo Municipal, 2016).

El complejo minero se sitúa en una zona templada-fría de la región alta, con una precipitación media anual de 600 mm aproximadamente, el clima es clasificado como templado húmedo y subhúmedo y semi-frío (Zozaya, 2008).

3.4. Hidrología

Las instalaciones del complejo minero se encuentran sobre la Subcuenca del Río Agua Prieta, dentro de la cuenca del Río Yaqui, perteneciente a la Región Hidrológica No. 9, cubriendo un área aproximada de 14, 245 km².

Tabla 1. Ubicación hidrológica del municipio de Nacozari de García

Región Hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Área de referencia
RH 9 SONORA SUR	Río Yaqui	Del Río Bavispe bajo	Sureste
		Del Río Agua Prieta	Oeste y Suroeste
		Del Río Moctezuma	Norte y noroeste

Fuente: Zozaya, 2008.

3.4.1. Cuerpos de agua cercanos

El cuerpo de agua más cercano al complejo minero es el Huacal, ubicado a 10 km, con una capacidad de 5'000,000 m³, abasteciendo a la población de Nacozari en época de sequía y ejidatarios vecinos (Zozaya, 2008).

La presa La Angostura, se localiza a 25 km al Este de La Caridad, sobre el Río Bavispe, puesta en operación en el año 1942, obteniendo el control de una gran parte de la cantidad proveniente de la cuenca, tiene una capacidad de 1,230 millones de m³ (Zozaya, 2008).

Según Zozaya (2008) el tajo de la mina La Caridad se desarrolló en un área de topografía accidentada, debido a la excavación de la montañas desde sus partes más elevadas, es por ello que existen dos drenes principales cuyos escurrimientos se dirigen hacia el oriente a través de los arroyos El Coloradito y Guadalupe al sur, ubicados al norte y sur de la mina, respectivamente. Ambos arroyos se unen y conforman el Arroyo Cruz de Cañada, el cual fue aprovechado para construir la presa de jales.

3.5. Flora y fauna

3.5.1. Flora

Sonora cuenta con grandes extensiones de pastizales naturales, sobre todo en el norte del estado, las comunidades de bosques se encuentran ampliamente distribuidas en la cadena

montañosa del estado, predominando el pino, encino y táscate (Plan de Desarrollo Municipal, 2016).

Basándose en el Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Nacozari de García existen distintos tipos de vegetación, bosque de pino y pastizal en la parte noreste, centro y sureste, vegetación de matorral y subtropical en el sureste y noreste. En la región norte del municipio la vegetación existente es de matorral subinerme y en la parte alta de la sierra se encuentra bosque de pino-encino.

Las instalaciones de la mina La Caridad se asientan en un área donde convergen dos tipos de vegetación: el pastizal natural y el bosque de encino.

3.5.2. Fauna

La fauna de Sonora es abundante y variada, pudiendo encontrar mamíferos, aves, reptiles, peces, crustáceos y moluscos. En el municipio de Nacozari de García existen especies de animales como sapo, sapo toaro, rana, tortuga de río, coralillo, iguana de roca, víbora de cascabel, camaleón, huico, cachora, víbora sorda, venado cola blanca, puma, lince, jaguar, ratón de campo, ocelote, puerco espín, margay (gato), tortolita cola corta, tecolote cornudo, golondrina común, tordo de ojos amarillos, aura y aguililla cola roja (Plan de Desarrollo Municipal, 2016).

3.6. Áreas Naturales Protegidas

El área donde se realizan las actividades del complejo minero La Caridad colinda con el Área Natural Protegida (ANP), Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe, conformada por seis polígonos distintos, la distancia más corta con uno de ellos es de aproximadamente 30 m hacia el sur, el segundo más próximo a la zona del proyecto es de 19 km. En el caso de ANP de carácter Estatal se encuentran a 150 km aproximadamente hacia el sur y suroeste del sitio del proyecto (SEMARNAT, 2018).

3.7. Regionalización de CONABIO

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) la regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planeación ambiental, pues permite el conocimiento de los recursos para su manejo adecuado. La importancia de regionalizaciones de tipo ambiental estriba en que se consideran análisis basados en ecosistemas, cuyo objetivo principal es incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico para, así, proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no hubiesen sido consideradas con otro tipo de análisis.

Con el fin de optimizar los recursos financieros, institucionales y humanos en materia de conocimiento de la biodiversidad en México, la CONABIO ha definido regiones prioritarias para la biodiversidad, considerando las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Marinas Prioritarias (RMP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) (CONABIO, 2019).

3.7.1. Regiones Terrestres Prioritarias

El complejo minero La Caridad, se localiza dentro del polígono de la RTP-44, nombrada Bavispe – El Tigre.

La RTP-44 se encuentra en los estados de Chihuahua y Sonora, dentro de los municipios de Agua Prieta, Bacadehuachi, Bacerac, Bavispe, Casas Grandes, Cumpas, Divisaderos, Fronteras, Granados, Huachinera, Huasabas, Janos, Madera, Moctezuma, Nacori Chico, Nacozari de García, Sahuaripa, San Pedro de la Cueva, Tepache, Villa Hidalgo., siendo localidades de referencia Agua Prieta, Son.; Nacozari de García, Son.; Madera, Chih.; El Lago, Chih (CONABIO, 2019).

De acuerdo a información de CONABIO (2019), la RTP cuenta con una superficie de 14,580 km² y constituye una región prioritaria con ambientes complementarios con una gran riqueza

específica y presencia de organismos endémicos, debido al aislamiento a que ha estado sujeta y que ha provocado que se encuentre poco perturbada. La cuenca del Bavispe presenta muchos organismos clave tales como el oso, el puma, el lince, el águila real y el águila calva. En lo relativo a mariposas diurnas, parece haber endemismos al nivel de subespecies y algunas especies, tales como *Apodemia phycioides*.

El límite de esta RTP sigue, la regionalización hidrológica de la CNA, al contener las subcuencas de los ríos Bavispe y Nácori y las regiones hidrológicas de las sierras Sombrerillo y El Pinito; se incorporó, además, la parte alta (ríos Negro, El Gavilán y La Cueva), segregándola de la subcuenca Batepito-San Bernardino. En la delimitación regional se buscó incluir la mayor parte del área de distribución del oso en la zona. Se incorporaron también las áreas prioritarias para la conservación de la Sierra Madre Occidental identificadas por Naturalia, que corresponden a la mesa Las Guacamayas, Bavispe-La Madera y la sierra San Diego-El Tigre (CONABIO, 2019).

3.7.2. Regiones Hidrológicas Prioritarias

El polígono del proyecto minero “La Caridad” se encuentra dentro de la RHP – 16 Río Yaqui – Cascada de Basaseachic. La RHP-16 se encuentra en los estados de Chihuahua y Sonora, con una extensión de 54,716.52 km² (CONABIO, 2019).

Los recursos hídricos principales son:

lénticos: presas Álvaro Obregón, Plutarco Elias Calles y La Angostura, pantanos dulceacuícolas, estuarios, charcas temporales, llanuras de inundación, brazos de ríos abandonados, lagos.

lóticos: ríos Yaqui, Cocopaque, Bavispe, Moctezuma, Chico, Tecoripa, Papigochic, Sahuaripa, arroyos, manantiales termales.

De las principales problemáticas identificadas en la región son por modificación del entorno, contaminación y uso de recursos, los cuales se describen a continuación:

Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego, explotación forestal, sobrepastoreo y construcción de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes. Desertificación en algunas zonas. Desarrollo turístico en la parte alta de la cascada de Bassaseachic.

Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en los altos, uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, descargas domésticas y residuales.

Uso de recursos: especies introducidas de carpa dorada *Carassius auratus*, matalote *Carpododescarpio*, lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre azul *Ictalurus furcatus*, mojarra *Lepomis megalotis*, lobina negra *Micropterus salmoides*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Caza furtiva y extracción de leña.

3.7.3. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

El proyecto minero La Caridad se localiza dentro de la AICA denominada AICA – 38 Sistema de Islas Sierra Madre Occidental. Esta AICA cuenta con una superficie total de 2,289,950.48 km²(CONABIO, 2019).

Se trata de un conjunto de sierras de diferente tamaño que necesitan estar conectadas creando un corredor importante y un puente entre las zonas consideradas AICA del sur de las sierras y con las islas del norte en las Chiricahuas, Arizona (SkyIslands). Este complejo de islas son peldaños entre sierras de mayor longitud que permiten que haya un flujo continuo. Es a través de las islas del norte que algunas especies como *Pachyramphus aglaiae* y *Euptilotis neoxenus*, entre otras, llegan hasta las pequeñas sierritas en Arizona (CONABIO, 2004).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Identificación los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo a través del tiempo.

Se revisaron textos sobre la historia minera de Nacozari. Se realizó una revisión bibliográfica de tesis relacionadas al impacto ambiental por minería, impacto en el paisaje, importancia del paisaje natural. Se analizó la legislación mexicana que hace mención a la importancia del paisaje, como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, LGEEPA. Se revisó el amparo directo 575/2015, del índice del Séptimo Tribunal Colegiado en Materia Administrativa del Primer Circuito del Poder Judicial de la Federación. Se obtuvo información por medio de artículos científicos relacionados a la temática y por último se realizó una entrevista informal a habitante del municipio de Nacozari de García, zona donde se encuentra el área de estudio.

4.2. Cuantificación del cambio de uso de suelo por actividades mineras con el paso del tiempo en el área de estudio

Se analizó un periodo de 42 años, de 1977 a 2019. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat de la plataforma Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) para la cuantificación del uso de suelo (Anexo 1).

En las imágenes se observó el cambio de uso de suelo que se presentó durante el periodo mencionado anteriormente. Se realizó la digitalización de polígonos en cada una de las imágenes obtenidas, a una escala de 1:50,000.

Una vez digitalizados cada uno de los polígonos se realizó el cálculo total del área impactada por año. Se hizo la selección de los polígonos se hizo la selección de cinco imágenes para realizar mapas comparativos por décadas, la primer serie de mapas comparó los años 1977 y 1988, la segunda serie de mapas comparo tres décadas distintas, contemplando los años 1998, 2008 y 2019, en ambas series se localizaron las poblaciones aledañas al complejo minero para conocer la cercanía entre ellos.

4.3. Análisis de la MIA presentada y aprobada para el proyecto en ejecución para establecer la probable existencia de causales de negativa según la LGEEPA

Se analizaron los principales aspectos técnicos relacionados con los impactos ambientales de un conjunto de proyectos de explotación minera ubicados en el Municipio de Nacoziari de García, Estado de Sonora. Estos proyectos han sido promovidos por Mexicana de Cobre, S.A. de C.V. desde 1968 a la fecha.

Se realizó la lectura del Manifiesto de Impacto Ambiental presentada para el proyecto minero “La Caridad” contrastando su contenido con la legislación ambiental e instrumentos aplicables en materia de planeación aplicable, entre los cuales destacan los siguientes:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS).
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento.
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
- Ley de Aguas Nacionales (LAN).
- Ley General de Cambio Climático (LGCC).
- Programas de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora (POETES).
- Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sonora.
- Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora
- Decretos de Áreas Naturales Protegidas (ANP), y en su caso, sus Programas de Manejo.
- Regiones Prioritarias para la Biodiversidad (CONABIO).
- Normas Oficiales Mexicanas
- Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018.
- Programa de Desarrollo Minero (PDM) 2013-2018
- Programa Sectorial de Medio Ambiente (PROMARNAT) 2013-2018.
- Plan Estatal de Desarrollo Sonora 2016-2021
- Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018, Nacoziari de García, Son.

Para conocer si la actividad pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies, se realizó un análisis del Manifiesto en donde se mencionaban las especies de flora y fauna existentes en la zona de trabajo de la mina, así mismo se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Por último, se revisó el capítulo V del Manifiesto titulado “Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional”, en el cual se analizaron cada uno de los impactos mencionados en búsqueda de hechos que confirmen si existe falsedad en la información proporcionada, respecto de los impactos ambientales ocasionados por la actividad minera.

V. RESULTADOS

5.1. Identificación los impactos en el paisaje por cambios de uso de suelo a través del tiempo.

5.1.1 Inicios de la minería en el mineral de Nacozari

La historia del mineral inicia en 1640 cuando fue fundado como Real de Minas de Nuestra Señora del Rosario, al encontrar mineral de plata. Pero debido a las incursiones apaches en la región, fue abandonado en 1688. Su población de españoles e indios se desplazó al norte hacia la zona donde se construiría posteriormente el presidio de Fronteras. La historia de sus riquezas hacía que nuevos pobladores llegaran, pero la amenaza de los apaches continuó hasta 1886, con la rendición del último líder, Gerónimo. Las condiciones del país durante el siglo XVIII mantuvieron la región sin grandes cambios.

Para fines del siglo XIX, algunas compañías extranjeras explotaron el mineral. La Compañía U.B. Frenner fundó en 1867 la compañía minera de Nacozari, pero vendió las concesiones mineras a una compañía de Nueva Jersey que fundó la Moctezuma Concentration Company. Esta compañía adquirió algunas minas y construyó un pequeño molino y un horno en Nacozari Viejo. Esta empresa adquirió después los derechos de la mina Los Pilares. Durante diez años perseveró en la actividad pero los altibajos de los precios de los metales y su baja producción obligó a ponerla en venta.

En 1895, la familia Guggenheim compró esta compañía y la convirtió en la Moctezuma Copper Company. A diferencia de la compañía anterior que hacía una extracción superficial del mineral, la Moctezuma Copper Co. invirtió en la explotación subterránea, en la construcción de un nuevo horno y un molino y consideraban el tendido de vías férreas que conectaran las instalaciones entre sí y con Estados Unidos. Los intereses de la familia eran la obtención de plata, y no invirtieron capital en la modernización del mineral, así que las condiciones de la explotación del cobre no cambiaron.

Por falta de capital, los propietarios ofrecieron sus propiedades a la Phelps Dodge and Company, propietaria de la compañía minera dominante de Arizona y que estaba interesada en

expandir sus negocios a Sonora. Así, compro la Moctezuma Copper Company y puso en marcha un proyecto de modernización y ampliación de las instalaciones mineras.

Con esto inicia la radical transformación del paisaje en el mineral.

5.1.2. La Moctezuma Copper Company y las primeras transformaciones del paisaje

Para iniciar las operaciones de la nueva compañía, lo primero que hicieron fue cambiar la localización del poblado y ubicarlo en una zona plana llamada Placeritos, a seis kilómetros de Nacozari Viejo. En 1897 la empresa fundo en ese lugar Nuevo Nacozari, como centro receptor de metales y de control administrativo. El modelo de asentamiento que se siguió tanto en Nacozari como en Pilares de Nacozari fue el de *companytown*, prototipo usado en los centros mineros de Arizona.

Para finales de 1897, la Moctezuma Copper Company tenía una fundición, una planta de concentración y otra de conversión, y se pretendía construir un ferrocarril que conectara el mineral con Douglas, Arizona. El 16 de agosto de 1899 la empresa firmó un contrato con el gobierno mexicano para la construcción del ferrocarril, el cual para 1904 ya había llegado a Nuevo Nacozari, con una longitud de 125 km. El mismo año de la concesión de la vía férrea, la Compañía del Ferrocarril de Nacozari obtuvo la autorización para instalar un servicio de telégrafos, paralelo a su trazo.

Para 1904 se termina la construcción de la fundición de Douglas, Arizona, con lo cual se conecta el ferrocarril de Nacozari con las instalaciones estadounidenses. El impacto del ferrocarril fue tan grande que propicio el desarrollo del poblado de Agua Prieta, en el lado mexicano.

Para 1926 la producción de cobre sigue siendo explotada por la Moctezuma Copper Co. En los centros mineros de Nacozari y Pilares (Chacón, 2016).

De 1929 a 1932, por la crisis económica, las actividades se paralizan en el mineral y la población migra a la costa sonorenses (COESPO, 2010).

5.1.3. Grupo México y las mayores transformaciones del paisaje.

En 1968, Grupo México inicia las exploraciones del yacimiento de La Caridad en Nacozari, Sonora, bajo el nombre inicial de la compañía: Asarco Mexicana S.A. de C. V., la cual fue constituida en 1965 con el 51% de capital mexicano. En 1974, ya convertida en Industrial Minera México, arranca la construcción del Complejo Metalúrgico, uno de los más grandes del mundo, cuyas operaciones inicia en 1979.

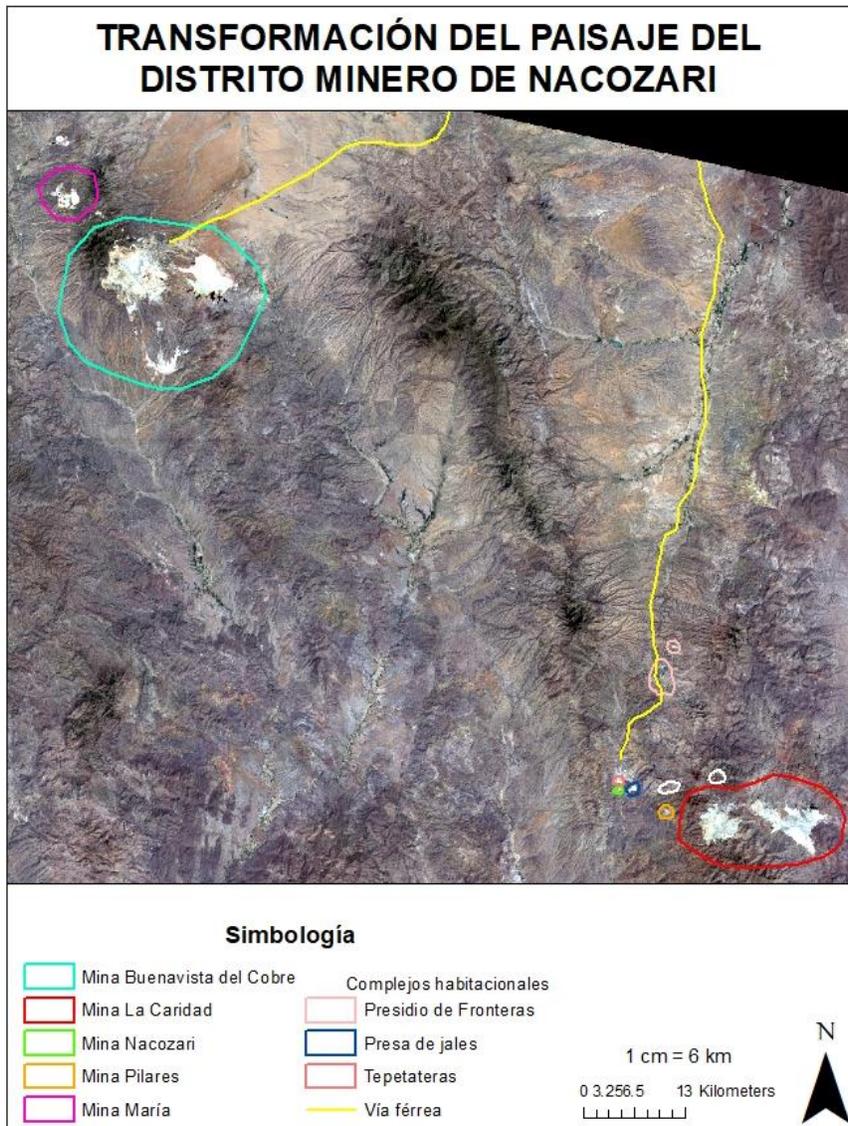
Para 1986 adquiere la operación de la Compañía Minera de Cananea (hoy Buenavista del Cobre) (Grupo México, 2017). En 1989 inician las operaciones de fundición del cobre del Complejo Metalúrgico y comienza la ampliación de la Planta Concentradora.

En 1997 Grupo México adquiere las concesiones de las líneas de ferrocarril Pacífico Norte, Chihuahua-Pacífico y la línea corta Nacozari-Nogales. Para 1998 nace Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V., Ferromex. Con estas adquisiciones en transporte ferrocarrilero, Grupo México articula sus empresas operando los complejos metalúrgicos de Cananea y Nacozari.

Desde la adquisición de las vías operadoras de los complejos mineros, Grupo México no ha dejado de invertir en la modernización de la infraestructura operativa y en la ampliación de las instalaciones tanto en La Caridad como en Buenavista del Cobre.

Las transformaciones del paisaje por estas actividades extractivas son evidentes en el Mapa 3.

Mapa 3. Transformación del paisaje en el Distrito minero de Nacozari y su articulación con el Distrito Minero de Cananea.



5.1.4. El desarrollo del complejo minero La Caridad.

El complejo minero La Caridad, en Nacozari de García, Sonora, comprende la explotación a cielo abierto (tajo) de minerales de cobre y molibdeno, y su beneficio mediante lixiviación estática (quebrado, trituración, lixiviación en terreros, captación de soluciones en repesos), flotación (quebrado, trituración, molienda, flotación y concentrado), Extracción por Solventes y Depositación Electrolítica (ESDE), así como el depósito de las colas de flotación en presas de

jales. Sus principales productos son concentrados de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno (Grupo México, 2018).

En el año de 1964 se inicia la exploración del distrito de Nacozari de García por el Consejo de Recursos Naturales No Renovables, localizando el yacimiento nombrado “La Caridad”. Cuatro años después se consolida la empresa “Mexicana del Cobre, S.A. de C.V.”, la cual inicia trabajos de exploración para estudiar la viabilidad del proyecto, la misma empresa que sigue operando el yacimiento minero (García, 2016).

La primera voladura del yacimiento se realizó en 1974, posterior a esto se iniciaron trabajos de movimiento de tierra y explotación por área de trituración primaria, dos años después se instala la planta concentradora y se construye la presa de jales. Para el año de 1979 se obtiene el primer concentrado de cobre y se inaugura el complejo Mina-Concentradora (García, 2016).

Áreas de proceso

Para cumplir con sus objetivos, el complejo minero La Caridad, cuenta con tres áreas fundamentales para realizar las actividades, las cuales son: mina, planta ESDE y planta concentradora. En el mapa 4 se pueden identificar las áreas de proceso del complejo.

Mapa 4. Áreas de proceso en mina La Caridad.



Fuente: Elaboración propia con información de Zozaya, 2008.

Mina

Desde la etapa de exploración (1964-1968) se indicó que la explotación del yacimiento minero sería a cielo abierto, debido a la existencia de una mineralización diseminada y por la mínima cantidad de tepetate que cubría el depósito mineralizado (Zozaya, 2008).

La exploración a cielo abierto se desarrolla en un área aproximada de 11.82 km², conformada por dos tajos, con bancos de 15 m de altura, los cuales se forman de remover el mineral previamente aflojado con explosivos.

Planta ESDE

La planta ESDE (Extracción por Solventes y Depositación Electrolítica), fue inaugurada en 1995, con la finalidad de procesar el mineral de baja ley que se encuentra en el yacimiento. Este mineral es acumulado sobre grandes extensiones de terreno y con canalización forman terreros que son mojados por aspersores con soluciones ácidas y ferrocupríferas, las cuales al ponerse en contacto con la roca disuelve los valores metálicos, depositándolos en un represo donde es bombeado hasta los trenes de extracción por solventes.

En la sección de trenes se separa el contenido del cobre mediante etapas de extracción y despojamiento, dando como resultado una solución electrolítica, al pasar por el área de depositación electrolítica, por medio de electricidad las partículas de cobre se depositan en placas que se encuentran en celdas, formando cátodos de cobre con una pureza de 99.999%.

Lixiviación

El material lixiviable entre 0.15 y 0.30% de cobre, es apilado en capas de 15 en 15 metros de altura, estos terrenos son construidos en forma de pirámide truncada para así tener un área superficial de riego en la parte superior. La solución lixivante es aplicada mediante un sistema de líneas y bombeo. La distribución final de la solución lixivante se completa mediante aspersores de riego ubicados en el armado del terrero, las soluciones de lixiviación son valores disueltos en una solución acuosa por disolución y donde el metal es recuperado de la solución mediante el proceso de ESDE.

Extracción por solventes

El propósito de la extracción por solventes es purificar y concentrar una solución acuosa producto del proceso de lixiviación en terreros, en este caso la solución acuosa es sulfato de cobre, la cual tendrá que incrementar su concentración de cobre.

Planta concentradora

El objetivo de la planta es procesar el mineral de cobre desde su tamaño inicial a través de distintas fases del proceso pasando por la trituración primaria, trituración fina, secciones de cribado, molienda, flotación, remolienda, planta de separación de molibdeno, espesado y filtrado, llegando a obtener el productor final como concentrado de cobre.

5.1.5. Las transformaciones del paisaje y pérdida de servicios ecosistémicos

Aunque la mina La Caridad empezó a funcionar desde 1964 fue hasta 1994 que se hizo la primera MIA, de acuerdo con lo que la LGEEPA señala. El proyecto cuenta con los antecedentes de autorizaciones en materia de impacto ambiental, las cuales se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Autorizaciones obtenidas en materia de impacto ambiental

AUTORIZACIONES OBTENIDAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL				
	Proyecto	Autorización	Vigencia	Superficie (ha)
1	Hidrometalurgia La Caridad	A.O.O.DGNA.- 2834 14 de abril de 1994	VENCIDA	104
2	Planta de tratamiento de Agua de la Presa de Jales	D.O.O.DGOEI A.-000433 11 de febrero de 2000	VENCIDA	1.5
3	Represo La Francisca	DOO.DGOEIA. -005845 29 de septiembre de 2000	VENCIDA el 26 de octubre de 2005	46.51
4	Banco de Material Presa 1-2-3	DS-SG-UGA- IA-0037-12 26 de enero de 2012	VENCIDA el 15 de febrero de 2013	3.8608
5	Bancos de Préstamo para sobreelevación de cortina de presa de jales 7 y área de desplante	DS-SG-UGA- IA-0647-12 04 de julio de 2012	VIGENTE al 08 de noviembre de 2019	63.8609
6	Ampliación de Bancos de Préstamos para Sobreelevación de cortina de presa de jales 7 y área de desplante, en Villa Hidalgo,	DS-SG-UGA- IA-0908-13 31 de octubre de 2013	VENCIDA el 07 de noviembre de 2016	17.5591

AUTORIZACIONES OBTENIDAS EN MATERIA DE IMPACTO AMBIENTAL				
	Proyecto	Autorización	Vigencia	Superficie (ha)
	Sonora			
7	Ampliación de Patios de Lixiviación y Tepetateras	DS-SG-UGA-IA-0372-14 12 de mayo de 2014	VIGENTE al 16 de mayo de 2044	254.813
8	Terreros de Lixiviación La Guadalupe y La Francisca en Fase de Operación de Mina La Caridad	DS-SG-UGA-IA-0076-15 26 de enero de 2015	VIGENTE: al 27 de enero de 2065	410.93
9	Proyecto de Ampliación del Depósito de Jales Presa 7, Municipio de Villa Hidalgo, Son.	DS-SG-UGA-IA-018-16 13 de abril de 2016	VIGENTE al 16 de abril de 2046	1,814.2676
10	Explotación Minera Polígono denominado Rodaderos	DS-SG-UGA-IA-040-16 28 de enero de 2016	VIGENTE al 04 de marzo de 2081	41.1472
11	Desarrollo de las actividades de explotación, depósito de tepetate y mineral lixiviable, en los polígonos de Bella Unión, Cachuly y Francisca Norte en la Mina La Caridad de Mexicana de Cobre S.A. de C.V.	DS-SG-UGA-IA-103-17 02 de febrero de 2017	VIGENTE hasta el 15 de febrero de 2080	802.50
12	Sobreelevación de la Cortina de Presa de Jales II	DS-SG-UGA-IA-0224-18 09 de abril de 2018	VIGENTE hasta el 28 de abril de 2038	150.7889

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018.

A los impactos ocasionados en el paisaje se le suman los servicios ecosistémicos que se pierden simultáneamente, tales como: la provisión de agua en calidad y cantidad, captura de carbono, contaminantes y componentes naturales, generación de oxígeno, regulación climática, protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida, protección y recuperación de suelos, paisaje y recreación.

En el área de estudio se encuentran los servicios ecosistémicos mencionados anteriormente, es por ello que aledaña a la zona se encuentran Áreas Terrestres Prioritarias, y debido a su existencia en el área fue por lo que se crearon las ATP.

En la tabla 3 se enlistan los impactos en el paisaje identificados bibliográficamente y los servicios ecosistémicos que se afectan por los mismos.

Tabla 3. Impactos en paisaje que afectan los servicios ecosistémicos

#	Impacto	Servicio ecosistémico
1	Impacto permanente al componente vegetal y suelo	Provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; generación de oxígeno;
2	Fragmentación del hábitat	Protección de labiodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida
3	Afectación a la permeabilidad del suelo	Protección y recuperación del suelo
4	Eliminación del suelo natural	Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales
5	Pérdida de capa vegetal y su aporte de materia orgánica	protección de labiodiversidad
6	Disturbio de fauna y sus hábitats	Protección de labiodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida
7	Modificación de escorrentías de agua superficial	Provisión del agua en calidad y cantidad
8	Disminución de la calidad estética y escénica	Paisaje, recreación, cultura

5.2. Cuantificación del cambio de uso de suelo por actividades mineras con el paso del tiempo.

Para poder acercarnos a los impactos por la transformación del paisaje se consideró la pérdida de cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo como un indicador pertinente en una primera etapa.

Los resultados que se obtuvieron permitieron identificar, ubicar y cuantificar la superficie total en la que se produjo la eliminación de la cobertura vegetal por cambio de uso de suelo, por efecto de la realización de actividades mineras en el periodo del análisis, mismos que se detallan a continuación en la tabla 4 y figura 1.

Tabla 4. Resultado del análisis de cambio de uso de suelos total por periodos de evaluación

Año	Superficie de mina (km ²)	Incremento por CUS (km ²)
1977	6	-
1980	24.8	18.8
1982	37.87	13.07
1984	48.88	11.01
1986	60.99	12.11
1988	70.72	9.73
1990	72.81	2.09
1992	75.7	2.89
1994	83.5	7.8
1998	94.07	10.57
2000	106.54	12.47
2003	111.21	4.67
2005	120.15	8.94
2008	125.7	5.55
2010	128.91	3.21
2013	152.84	23.93
2015	160.71	7.87
2017	186.54	25.83
2019	202.67	16.13

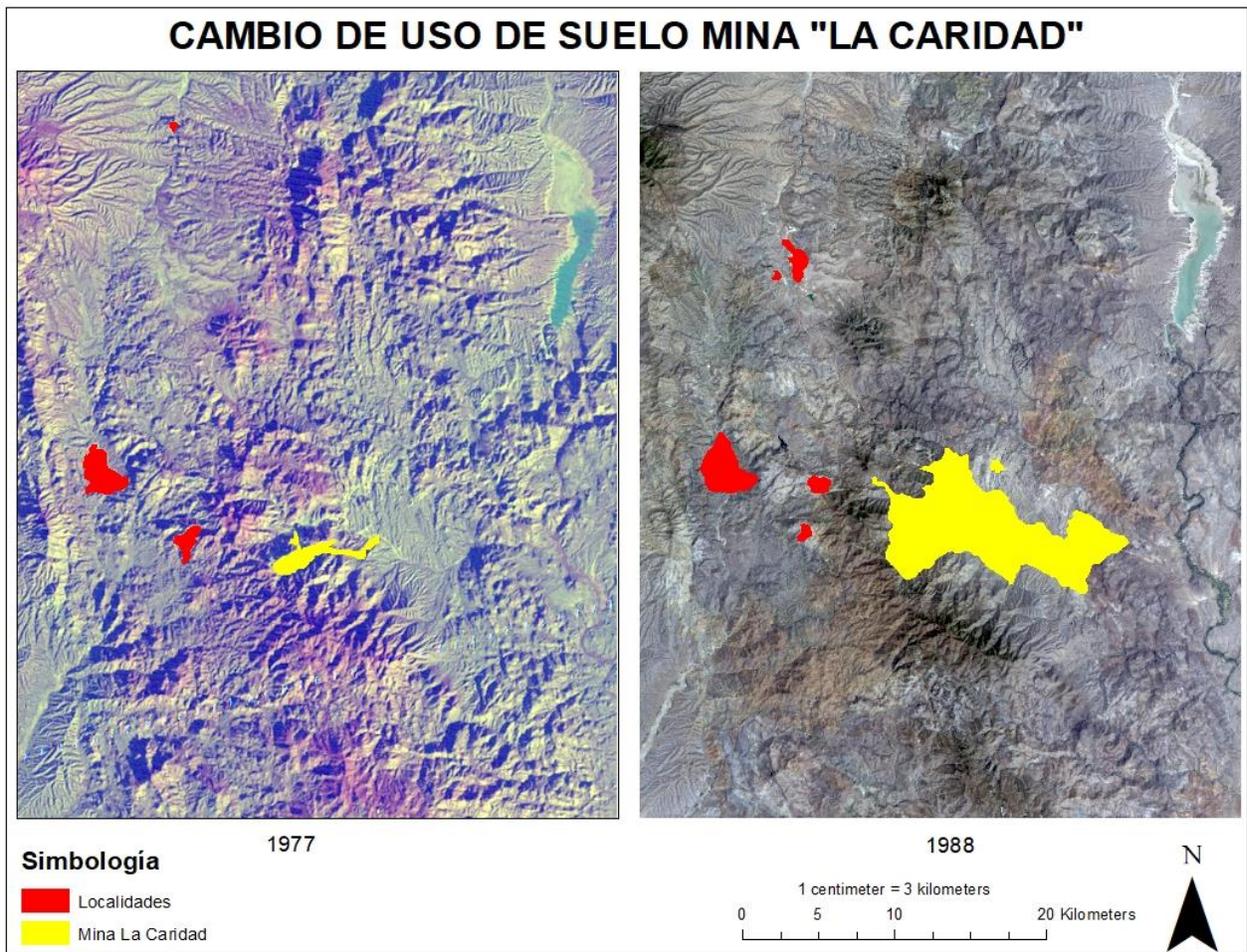


Figura 1. Resultado del análisis de cambio de uso de suelo por periodos evaluados en la mina La Caridad.

Los resultados del análisis de pérdida de cobertura vegetal muestran que la mayor expansión territorial del ámbito explotado por la minería en la unidad La Caridad se da entre los años 2015-2017 (25.84 km²), constituyendo alrededor del 12.74% de la superficie alterada por las actividades mineras en todo el periodo de evaluación (1977-2019). De acuerdo a este indicador, se puede deducir que el mayor auge de la actividad minera en la zona de estudio se presenta en los años 2013 y 2017.

Por otro lado, se realizaron mapas comparativos para observar el crecimiento demográfico en el complejo minero, el mapa 5 compara los años 1977 y 1988, el mapa 6 compara los años 1998, 2008 y 2019, ambos mapas comparan décadas distintas y en ellos se localizan las poblaciones cercanas al complejo minero para poder observar el crecimiento o decrecimiento, según su caso, de las mismas en comparación con el cambio de uso de suelo por las actividades mineras.

Mapa 5. Cambio de uso de suelo por actividad minera en los años 1977 y 1988.



5.3.1. Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.

1, En el capítulo V, apartado V.1.3.3 Descripción y caracterización de los impactos que potencialmente generará el proyecto de los impactos identificados, la promovente señala:

En 22 de los 23 Colectores, la concentración de partículas de las descargas monitoreadas no se supera el límite máximo permisible establecido en la NOM-043-SEMARNAT-1993. Sólo el Colector A24-4 se encuentra por fuera de norma (714.4864 mg/m³).

De acuerdo a la NOM-043-SEMARNAT-1993 que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas, la concentración máxima permitida es de 374,92 mg/m³.

La promovente no cumple con lo establecido en la NOM-043-SEMARNAT-1993. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso "a" de la LGEEPA; el cual prevé que, cuando se contravenga a lo establecido en la LGEEPA y/o sus reglamentos se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

5.3.2. La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies.

1. En el capítulo IV, en el apartado IV.3.3.4.3 Estatus de protección la promovente indica lo siguiente respecto a las especies de anfibios, reptiles, mamíferos y aves bajo algún estatus de protección:

De las 62 especies registradas en el inventario realizado, tres están enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, encontrándose agrupadas de la siguiente manera: Dos especies bajo la categoría de Protección especial (Pr) y una especie bajo la categoría de Amenazada (A). Las restantes 59 especies (95%) registradas

en el SAR, no están dentro de ninguna categoría de protección conforme a la legislación nacional.

Por otro lado, en el capítulo V en el apartado V.1.3.3 Descripción y caracterización de los impactos que potencialmente generará el proyecto de los impactos identificados V.2.4., en la tabla Tabla V-27. Caracterización de la Disminución de la superficie de distribución y de hábitat disponible para la fauna, la promovente manifiesta lo siguiente:

*La remoción de vegetación constituirá una interacción negativa de intensidad muy alta (8), toda vez que se ésta implica la remoción de 1,100.89 ha de vegetación para obras nuevas y 2,938.16 ha para las obras autorizadas y antiguas. Asimismo, por la presencia de fauna con estatus legal de conservación en el predio del proyecto: la mazacuata (*B. constrictor*). gavián pecho rufo (*A. striatus*) y el aguililla negra menor (*B. anthracinus*). Con esta interacción se perderá parte del hábitat y de la superficie de distribución para la fauna.*

Como la misma promovente reconoce, las actividades de desmonte y despalme afectarán a individuos de especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ya que afectaran el hábitat de la fauna, por lo tanto afectaran a la especie.

El proyecto afectará especies de fauna listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “b” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando se afecte una de estas especies se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

5.3.3. Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, la definición de Impacto ambiental sinérgico es:

Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente;

1. En el capítulo V, apartado V.1.3.3, Tabla V-24. Caracterización de la disminución de la calidad del paisaje, la promotora señala lo siguiente:

En las diferentes etapas del proyecto la disposición incorrecta de residuos sólidos y líquidos, por parte del personal, la presencia de maquinaria y vehículos, la remoción de vegetación, el desplante de obras, las actividades de trazo, cortes y excavación constituyen elementos que rompen con la conformación del entorno y ocasionan la disminución de la calidad paisajística. Al respecto, si bien se considera que las obras nuevas son de la misma naturaleza de las que actualmente existen y que no involucra la introducción de elementos de naturaleza diferente al paisaje existente desde décadas atrás, por su extensión y generalización de las actividades en una gran parte del predio, se valora a la intensidad como alta.

La LGEEPA define impacto sinérgico como *“Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente;”*.

La promotora inicialmente menciona cada una de las acciones que ocasionan la disminución de la calidad paisajística y en el criterio “sinergia” la promotora menciona: No se espera que la disminución de la calidad del paisaje afecte otros factores. Así mismo define que la importancia del impacto es *MODERADO/MEDIANAMENTE SIGNIFICATIVO*.

La promotora falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promotora cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

2. En el capítulo V, apartado V.1.3.3, la promovente señala lo siguiente:

Para la ejecución de las obras nuevas se requiere la remoción de 1,100.89 ha vegetación forestal (Bosque de encino 569.68 ha, Bosque de Encino-Pino 0.001 ha, Matorral desértico micrófilo 438.74 ha y Pastizal natural 92.46 ha), la mayor parte de esta superficie para tepetateras, tajo y vaso para la presa de jales. Para las obras antiguas y autorizadas se eliminarán 2,938.16 ha de vegetación forestal (Bosque de encino 668.7 ha, Bosque de Encino-Pino 112.549 ha, Matorral desértico micrófilo 1,914.44 ha y Pastizal natural 242.48 ha). En total se afectarán 4039.05 ha de vegetación natural.

En el capítulo mencionado anteriormente, mismo apartado y Tabla V-25. Caracterización de la Disminución de la cobertura vegetal, en el criterio “sinergia” la promovente indica: *La remoción de vegetación afecta otros factores (en este caso relacionados con el hábitat y la fauna principalmente).*

Los efectos de la remoción de la cobertura vegetal genera impactos permanentes al componente vegetal y al componente del suelo, fragmentación del hábitat, pérdida de la capa del suelo vegetal y sus consecuencias: afectación de la permeabilidad del suelo, alteración del aporte de materia orgánica al suelo, modificación de sus características, pérdida de la capa vegetal y eliminación del suelo natural, pérdida de 4039.05 ha de vegetación natural (1,238.38 ha de Bosque de encino, 112.55 ha de Bosque de Encino-Pino, 2,353.18 ha de Matorral desértico micrófilo y 334.94 ha de Pastizal natural), reducción de la cobertura vegetal, disturbio de fauna local, pérdida de hábitats, cambios en sus patrones de distribución (reducción de las poblaciones de la fauna terrestre por degradación del hábitat, pérdida de microfauna y ahuyentamiento y desplazamiento de la fauna); y disminución de la calidad estética y escénica.

Debido a lo anterior la promovente falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

3. En el capítulo V, apartado V.1.3.3.1.1 Medio Abiótico y perceptual, la promovente señala lo siguiente:

Si bien este tipo de proyectos transforman drásticamente el paisaje, hay que recordar que la región ha estado sometida por décadas a cambios constantes del paisaje por las actividades mineras y que el uso de suelo está destinado para dichas actividades; razón por la que no partimos de un ambiente original, ni tan siquiera mediamente conservado; al contrario, es un ambiente totalmente transformado.

Anteriormente la promovente también menciona “*Para la ejecución de las obras nuevas se requiere la remoción de 1,100.89 ha vegetación forestal*”, lo cual indica que serán más de mil hectáreas las que serán sometidas a un cambio drástico para seguir ejecutando las actividades mineras, al mencionar que no se parte de un ambiente original debido a la antigüedad que tiene la actividad minera, es importante mencionar que la minería que ha existido en la zona, históricamente fue subterránea.

La promovente falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

4. En el capítulo V, apartado V.1.3.3, Tabla V-13. Caracterización del Cambio de uso del suelo., la promovente señala lo siguiente:

Para la realización de las obras nuevas y la continuidad operativa del proyecto se requiere la remoción de vegetación por lo que el uso se transformará de forestal a industrial minero. Aun cuando la zona en la que serán realizadas las actividades de desmonte y despalme se encuentra regulada por un uso minero, por la superficie tan conspicua que se requiere para el CUSTF (1,100.89 ha para obras nuevas y 2,938.16 ha para las obras autorizadas y antiguas).

En el criterio de sinergia, la promovente menciona “El cambio de uso de suelo no actúa sobre otras acciones propias del proyecto que tengan incidencia en el mismo elemento ambiental.”.

Al realizar el cambio de uso de suelo se alteran las relación de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, causando un desequilibrio ecológico, siendo así un impacto ambiental sinérgico.

La promovente falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

5. En el capítulo V, apartado V.1.3.3, tabla V-29. Caracterización del Mejoramiento de la capacidad para satisfacer las necesidades del hogar, la promovente señala lo siguiente:

Durante las diferentes etapas de los proyectos nuevos (preparación del sitio, construcción, operación y cierre y abandono) se requerirá de personal capacitado en la materia, así como también mano de obra de apoyo, lo cual generará ingresos para los habitantes de la región, lo que a su vez conducirá a mejorar su nivel socioeconómico.

La promovente menciona que los ingresos serán generados para los habitantes de la región. Sin embargo, según Carlos Chacón los habitantes del municipio no son contratados por la compañía minera desde hace unos años para evitar conflictos laborales (C. Chacón, comunicación personal, 15 de marzo de 2019) pero se da a conocer que el personal contratado por la misma no es del municipio Nacozari de García, el personal que labora en el proyecto es foráneo y solo habita la zona por el periodo de tiempo que laborará en la compañía.

La promovente falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la

información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

6. En el capítulo V, apartado V.1.3.3, tabla V-29. Caracterización del Mejoramiento de la capacidad para satisfacer las necesidades del hogar, la promovente señala lo siguiente:

Durante las diferentes etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y cierre y abandono) se requerirá de personal capacitado en la materia, así como también mano de obra de apoyo, lo cual generará empleos para los habitantes de la región, debido a la extensión y actividades generalizadas en el complejo minero, se requiere de mano de obra que tiene impacto a nivel municipal, estatal e incluso nacional por lo que la intensidad se valora alta.

La promovente menciona que generará empleos para los habitantes de la región. Sin embargo, según Carlos Chacón los habitantes del municipio no son contratados por la compañía minera desde hace unos años para evitar conflictos laborales (C. Chacón, comunicación personal, 15 de marzo de 2019) pero se da a conocer que el personal contratado por la misma no es del municipio Nacozari de García, el personal que labora en el proyecto es foráneo y solo habita la zona por el periodo de tiempo que laborará en la compañía.

La promovente falsea información con respecto a los impactos ambientales del proyecto. Por lo anterior, se considera que la promovente cae en el supuesto del artículo 35, fracción III del cuarto párrafo, inciso “c” de la LGEEPA; el cual establece que, cuando exista falsedad de la información respecto de los impactos ambientales, se negará la autorización en materia de impacto ambiental.

Del análisis realizado a la MIA se encontró que el documento presentado a la secretaria sí cuenta con causales de negativas, según lo establecido en el artículo 35, cuarto párrafo, fracción III de la LGEEPA.

VI. DISCUSIÓN

Objetivo 1.

En los últimos años la minería a cielo abierto se ha convertido en uno de los tipos de explotación de minerales más usados en el mundo, lo que hace que la explotación sea remunerable económicamente, por otro lado, los impactos ambientales en este tipo de minas se consideran mayores en comparación a la minería subterránea debido a la gran extensión de cambio de uso de suelo en los terrenos, teniendo como consecuencia la pérdida de cobertura vegetal y paisajes naturales.

En el área de estudio se inician actividades mineras superficiales desde el siglo XVII, pero es hasta finales del siglo XIX cuando se empiezan a hacer notorias algunas transformaciones en el paisaje debido a los nuevos métodos extractivos de tipo subterráneo. En este periodo el metal que se extraía era la plata. Es hasta la última década del siglo XIX y las dos primeras del siglo XX cuando inicia la minería cuprífera y con ello la expansión y relocalización del proyecto minero.

Para mediados del siglo XX, cuando la compañía Industrial Minera México, o Grupo México, inicia operaciones, cuando se visualizan los impactos en el paisaje a mayor escala, principalmente debido a las actividades a cielo abierto, las cuales requieren la excavación de tajos para llegar a los depósitos profundos del mineral, además de la construcción de presas de jales y demás instalaciones necesarias para el beneficio del mismo.

Una industria extractiva de tales dimensiones requiere gran cantidad de empleados y operadores, por lo cual las zonas de asentamientos también aumentan y contribuyen con la pérdida de paisaje. A mayor expansión territorial, mayores son los impactos en el paisaje, los cuales van más allá de la calidad estética y escénica, ya que con los cambios de uso de suelo de forestal a industrial y habitacional, se pierden los servicios ecosistémicos que brindaban los ecosistemas presentes en la región antes del establecimiento del complejo metalúrgico.

En conjunto, la disminución en la calidad del paisaje por fragmentación, pérdida de conectividad, alteración del relieve, afectación en escorrentías y cuencas son factores de pérdida de biodiversidad cuya importancia se resalta al colindar el área de estudio con una ANP y encontrarse dentro de los límites de una RTP.

Objetivo 2.

La destrucción de la cobertura vegetal, va de la mano con otros impactos como el desplazamiento de fauna, pérdida de hábitats, cambios en los patrones de distribución de especies, entre otros.

En el área de estudio se cuantificaron más de 200 km² con un cambio de uso de suelo desde el año de 1977 a enero de 2019, lo cual conlleva innumerables impactos negativos en el medio ambiente y que pueden llegar a tener afectaciones en la salud humana de poblaciones cercanas al yacimiento minero debido al uso de sustancias químicas en el proceso minero.

Los cambios son más evidentes cuando se realiza la comparación de una década a otra, siendo mayormente notorias las etapas de expansión del complejo minero en sus instalaciones, misma que va de la mano con el incremento del valor de producción del metal.

La cuantificación de pérdida de cobertura vegetal por el cambio de uso de suelo natural por actividades mineras no se pudo realizar por áreas de proceso, debido a que la calidad de la imagen no permitió la digitalización de los polígonos por separado, y no se pudo distinguir y separar dichas áreas.

Objetivo 3

En el análisis de la MIA del proyecto en ejecución se encontraron ocho causales de negativa, según lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA.

La promovente contraviene lo establecido en la NOM-043-SEMARNAT-1993 sobrepasando el límite máximo permisible de emisiones a la atmosfera. Las actividades realizadas en el complejo minero afectan el hábitat de tres especies de fauna enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de protección y de amenazada.

Por último, falsea en la información proporcionada respecto de los impactos ambientales de la actividad, siendo principalmente impactos relacionados a la afectación de la calidad del paisaje, la remoción de vegetación forestal. Así mismo, falsea al expresar que generará ingresos y empleos a los habitantes de la región.

Además, aunque la región minera ha estado sometida por décadas a cambios constantes en el paisaje debido a las actividades realizadas, el proyecto requiere la remoción de más de mil hectáreas de vegetación forestal para ejecutar obras nuevas, mismo territorio que será sometido a un cambio drástico, aun así en la MIA se menciona que no se parte de un ambiente original ni conservado

Si bien este tipo de proyectos transforman drásticamente el paisaje, hay que recordar que la región ha estado sometida por décadas a cambios constantes del paisaje por las actividades mineras y que el uso de suelo está destinado para dichas actividades; razón por la que no partimos de un ambiente original, ni tan siquiera medianamente conservado; al contrario, es un ambiente totalmente transformado

La MIA no define el impacto en el paisaje como residual, es decir que el impacto persiste después de la aplicación de medidas de mitigación, solamente se dice ser medianamente significativo, y acumulativo, donde el efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

En la MIA se hace una clasificación de los impactos como poco significativo, moderado/medianamente significativo, muy significativo, etc. El daño ecológico provocado en

una superficie no puede concluirse como MODERADO/MEDIANAMENTE SIGNIFICATIVO, el impacto existe, sin importar la superficie ya que rompe el equilibrio ecológico de un ecosistema debido a la interrelación entre la flora, fauna, agua, suelo y el aire que lo integran, según lo previsto en el artículo 3ro, fracción XII de la LGEEPA, el cual dispone:

“XII.- Desequilibrio ecológico: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos;”.

La suma de las afectaciones resulta en la destrucción masiva de los ecosistemas, al romper la interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el propio ambiente. Considerando los servicios ambientales que prestan los ecosistemas forestales de manera natural, tales como: la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros (servicios descritos en el artículo 7, fracción XXXIX, de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable).

VII. CONCLUSIONES

Lo anterior deja claro que el proyecto no está cumpliendo con la Normativa Mexicana, específicamente con la LGEEPA, razones por las cuales no debió autorizarse la Evaluación de Impacto Ambiental, misma que fue autorizada por más de 60 años.

Por otro lado, en la normativa mexicana no existe una definición de paisaje lo cual es una limitante como causal de negativa, debido a que no hay régimen que establezca los alcances de su importancia al ser impactado. Sin embargo, la existencia de una sentencia donde se considera que la pérdida del paisaje y de servicios ecosistémicos existentes sienta un precedente para considerar en futuras propuestas de modificación de la legislación.

Los proyectos mineros laboran bajo un esquema poco sostenible, en ámbitos tanto económicos, sociales y ambientales, generando impactos de difícil y costosa reparación, sin soluciones inmediatas.

Aunque el impacto llega a ser irreversible, la actividad minera es importante para el desarrollo industrial y económico, es por eso que no se puede detener por completo pero se deben actualizar las medidas de mitigación, aplicar normativa más rigurosa, actualizarse en métodos que eviten accidentes que causen un daño al medio ambiente.

Las presas de jales pueden llegar a tener fallas y provocar eventos catastróficos. Un reciente ejemplo es el sucedido en Buenavista, Sonora. Las afectaciones por daño ecológico, económico, salud y pérdida de negocio y prestigio de la empresa (Grupo México), entre otros, son enormes.

En el caso de la mina Buenavista del Cobre, ubicada en Cananea, Sonora, la catástrofe ambiental sucedió en el año 2014 cuando alrededor de 40,000 metros cúbicos de lixiviados de sulfato de cobre acidulado se vertieron en el arroyo Tinajas, y posteriormente en el afluente de

los ríos Bacanuchi y Sonora, convirtiéndose así en el peor desastre de este tipo en México, el cual afectó a 22 mil 878 pobladores (Martínez, 2016).

La contaminación de los cuerpos de agua afectó a las poblaciones cercanas a largo plazo, dejándolas sin el abastecimiento de agua potable. Los impactos socioeconómicos van de la mano con las afectaciones que tiene el medio ambiente ya que se pierden los servicios ecosistémicos que el ser humano aprovecha en su día a día.

Estos eventos demuestran que es necesario considerar las formas en que se presentan las MIA, sobre todo en relación con afectaciones al territorio donde se ubican, y que la autoridad sea rigurosa en el proceso de autorización de obras de esa magnitud.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilera, I., Batista, Y., Bastola, S. y Rojas, L. (2016). Impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, Moa, Minería y Geología. 141-159 p.
- Anglo Gold Ashanti. (2010). ¿Cuáles son los tipos de minería?. Colombia, Colombia.
- Asociación Ecologista Costarricense-Amigos de la Tierra Costa Rica. (2001). Minería de cielo abierto y sus impactos ambientales. Preparado para el Frente Nacional de Oposición a la Minería de Oro a Cielo Abierto. Costa Rica: AECO-AT.
- Ayala, Z., De la Cruz, V. (2003). El conocimiento de los metales y su beneficio por los indígenas. Acta Universitaria, vol. 13, núm. 1, enero-abril, 2003, pp. 36-48. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. Sitio web:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613105>
- Baena, J. y Valencia, A. (2016). *El impacto físico y paisajístico en los municipios de Itagui y Bello afectado por la extracción de materias primas para la industria de la construcción*. Tesis de licenciatura. Universidad de San Buenaventura Medellín
- Bebbington, A. (2009). Actores y Ambientalismo: continuidades y cambios en los conflictos socioambientales por minería en Perú, en Minería y Territorio en el Perú. Conflicto, resistencias y propuestas en tiempo de globalización, Programa de Democracia y Ecuador Debate/ Tema central 125 Transformación Global, Conacami, Cooperación, Universidad Mayor de San Marcos, Lima.
- Bocco G., Mendoza M., Priego A. y Burgos A. (2009). La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. INE-SEMARNAT, México.
- Cáncer, P. (1999). La degradación y protección del paisaje. Ediciones CÁTEDRA, Geografía Menor, Madrid, 247 p.
- Coll-Hurtado, A., Sánchez-Salazar, M. y Morales, J. (2002). La minería en México, geografía, historia, economía y medio ambiente. Universidad Autónoma de México e Instituto de Geografía.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2019). Regionalización <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>
- Consejo de Europa. (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Florencia. 10 p.

Consejo Estatal de Población del Estado de Sonora (COESPO). (2010). Cien Años de Población y Desarrollo. México. 211 pp.

Chacón, C. (2016) *Company Town de la Mina La Caridad. Procesos de constitución y desarrollo (1970-1985)*. Tesis de maestría. El Colegio de Sonora.

Checa-Artasu, M., García, A., Soto, P. y Sunyer, P. (2014). Paisaje y territorio. Articulaciones teóricas y empíricas. UAM Iztapalapa / Tirant Humanidades, México. 423 pp.

Enciso, A. (2014). Semarnat: desastre ambiental en Sonora, el peor de la minería en el país. La Jornada. Consultado el 14 de mayo de 2019 de <https://www.jornada.com.mx/2014/08/27/politica/003n1pol>

García, H. (2016). Memoria de prácticas profesionales en las minas Mexicana del Cobre, S. A. de C. V. "La Caridad" de Grupo México y mina "La Huiche" de Baramín. Universidad de Sonora.

Giménez, G. (2007). Estudios sobre la cultura y las identidades sociales. Conaculta – ICOCULT. Colección Intersecciones Núm. 18. Mexico, 520 pp.

Giraldo, U. (2017). *Minería informal en la cuenca alta del Ramis, impactos en el paisaje y evolución del conflicto socio ambiental*. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Giraud, M. (2012). Algunos aspectos Ambientales, económicos, legales y sociales de la Minería, Provincial del Ambiente ante la Comisión Evaluadora Interdisciplinaria Ambiental Minera de Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

González, L. (2012). Conflictos entre concesionarios mineros y comunidades. La lógica del estado ausente en los procesos de mediación y la estrategia de resistencia de las comunidades indígenas de Guerrero.

Grupo México (2017). Historia Grupo México. Sitio web: <http://www.gmexico.com/site/nosotros/historia.html>

Guevara, B. (2016). La inversión extranjera directa en la minería en México: el caso del oro

H. Congreso de la Unión. (1998). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente. 5 de Junio de 2018, de Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf

- H. Congreso de la Unión. (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. 12 de Abril de 2019, de Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235_120419.pdf
- H. Congreso de la Unión. (2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 5 de Junio de 2018, de Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_050618.pdf
- Higuera, C. (2014). Grupo México, culpable del desastre ecológico en Sonora. La Crónica. Consultado el 14 de mayo de 2019 de <http://www.cronica.com.mx/notas/2014/853416.html>
- Higueras, P. y Oyarzun R. (2002). Curso de minería y medio ambiente. 15 de Octubre de 2015, de Universidad de Castilla La Mancha Sitio web: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/InicioMAM.html>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2007). Industria minera, Sitio web: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/16/parte3_12.html
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía.(2004). Industria manufacturer, Minería. Sitio web: <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/mineria.asp>
- Lambin, E. (1999). Land use and land cover change implementation strategy.
- López, F. y Eslava, M. (2018). Los movimientos sociales contra la minería extractivista.
- López-Jimeno, C. (1994). Manual de áridos. S.I.: Entorno Gráfico. 612 p.
- Lugo, N. (2016). *Perspectivas ambientales de los ejidatarios en la zona de influencia de proyectos de minería a cielo abierto en Áreas Naturales Protegidas. Propuesta para la mitigación de impactos socioambientales en El Arco, Baja California*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- Martínez, M. (2016). Lo que el gobierno oculta sobre el desastre en el río Sonora - Proceso. Proceso. Consultado el 14 de mayo de 2019 de <https://www.proceso.com.mx/450595/lo-gobierno-oculta-desastre-en-rio-sonora>
- Mateo, J. (2008). Geografía de los Paisajes. Primera Parte. Paisajes naturales, Editorial Universitaria, La Habana, 191 p.

- Miravet-Sánchez, B.; García-Rivero, A.; Salinas-Chávez, E.; Cruañas-López, E. y Remond-Noa, R. (2014). Diagnóstico Geoecológico de los paisajes de la cuenca hidrográfica Ariguanabo, Artemisa, Cuba. *Ciencias de la Tierra y el Espacio* 15(1): 53-66.
- Muñoz, J. (1986). La minería en México. *Bosquejo histórico*. Quinto Centenario, 11, 147.
- Ossa Bulnes, J. (1999). *Derecho de minería*. Chile Editorial Jurídica de Chile.
- Oyarzun, J. (2008). "Planes de Cierres Mineros - Curso Resumido". Pp. 9, 9-10. Recuperado de: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Cierres%20mineros%20-%20Jorge%20Oyarz%C3%BAn.pdf>
- Peláez, J. (2013). La campaña nacional por una nueva Ley minera.
- Pérez, S. (2016). Atlas de minería metálica en México, *Revista Cartográfica* 92, pp. 191- 210.
- Plan de Desarrollo Municipal. Periodo 2016-2018, Nacozari De García Sonora. "Nacozari Trabaja, Un Plan Para Todos".
- Rodríguez, R. (2013). Cateo y prospección. 20 de Abril de 2016. Sitio Web: <https://es.scribd.com/doc/141987417/Cateo-y-prospeccion>
- Rodríguez, N. (2017). *Los servicios ecosistémicos que proveen las dunas costeras de la Península de Baja California como un instrumento para la toma de decisiones*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Baja California.
- Salinas-Chávez, E. (1991): *Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional en Cuba*. Tesis de doctorado. Universidad de la Habana. 187 p.
- Secretaría de Economía (S.F.). Medio Ambiente y Minería. Sitio web: http://www.siam.economia.gob.mx/work/models/siam/Resource/Avisos/pag_prin.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Vegetación y uso de suelo. Sitio web: http://www.paot.org.mx/centro/inse-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/img/cap2.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Resolutivo Manifiesto de Impacto Ambiental "La Caridad".

Sistema Geológico Mexicano. (2018). Panorama Minero del Estado de Sonora.

Taylor Hansen, L. D. (2008). La riqueza escondida en el desierto: la búsqueda de metales preciosos en el noroeste de Sonora durante los siglos XVIII y XIX. *Región y Sociedad*, (42), 165. Retrieved from September 12, 2019. Sitio web:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252008000200007&lng=en&tlng=en.

Zozaya, M. (2008). *Propuesta de un plan de manejo integral de residuos peligrosos para Mexicana de Cobre, S.A. de C.V.*. Tesis de licenciatura. Universidad de Sonora. Sitioweb: <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=19258>

Comunicaciones personales

Chacón, C. comunicación personal, 15 de marzo de 2019.

IX. ANEXOS

Escenas de imágenes de satélite Landsat utilizadas en el presente estudio (1977-2019).

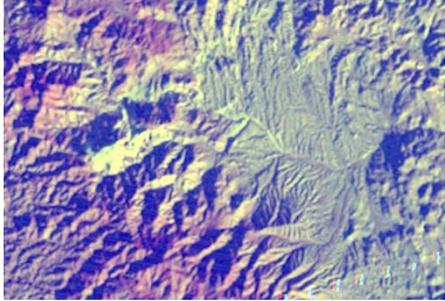
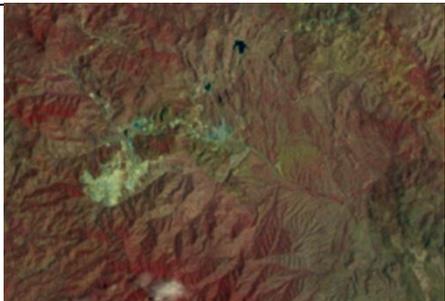
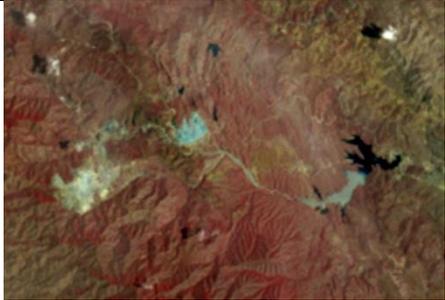
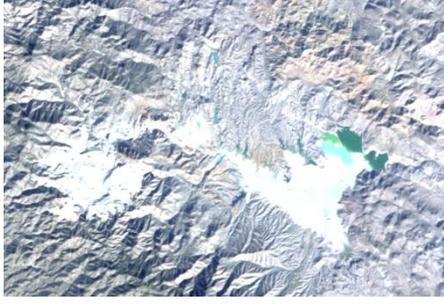
Imagen	Fecha de toma	Satélite - sensor	Escena
LM01L1TP0370391 9771214	12/14/1977 3:45:48 PM	Landsat-1- MSS	
LM02L1TP0370391 9800719	7/19/1980 5:09:52 PM	Landsat-2- MSS	
LM03L1TP0370391 9821227	6/12/1982 5:14:02 PM	Landsat-3- MSS	
LM05L1TP0350391 9840706	7/6/1984 5:21:00 PM	Landsat-5- MSS	

Imagen	Fecha de toma	Satélite - sensor	Escena
LM05L1TP0340391 9860315	3/15/1986 5:12:20 PM	Landsat-5- MSS	
LT05L1TP03503919 880514	5/14/1988 5:22:49 PM	Landsat-5- TM	
LT05L1TP03503919 900909	9/9/1990 5:12:17 PM	Landsat-5- TM	
LM04L1TP0350391 9920501	5/1/1992 4:57:49 PM	Landsat-4- MSS	
LT05L1TP03503919 940328	3/28/1994 5:12:51 PM	Landsat-5- TM	

Imagen	Fecha de toma	Satélite - sensor	Escena
LT05L1TP03503919 980627	6/27/1998 5:30:28 PM	Landsat-5- TM	
LT05L1TP03503920 001123	11/23/2000 5:31:36 PM	Landsat-5- TM	
LE07L1TP03503920 030329	3/29/2003 5:41:08 PM	Landsat-7- ETM+	
LT05L1TP03503920 050310	3/10/2005 5:39:21 PM	Landsat-5- TM	
LT05L1TP03503920 081231	12/31/2008 5:37:08 PM	Landsat-5- TM	

Imagen	Fecha de toma	Satélite - sensor	Escena
LT05L1TP03403920 100112	1/12/2010 5:37:03 PM	Landsat-5- TM	
LC08L1TP0350392 0131026	10/26/2013 5:54:11 PM	Landsat 8	
LO08L1TP0340392 0150211	2/11/2015 5:46:06 PM	Landsat 8	
LC08L1TP0350392 0171208	12/8/2017 5:52:35 PM	Landsat 8	
LC08L1TP0350392 0190128	1/28/2019 5:52:13 PM	Landsat 8	

