



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN INGENIERIA

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA LA EVALUACIÓN
DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA MINA DE HIERRO
A CIELO ABIERTO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRIA EN INGENIERIA

INGENIERIA AMBIENTAL - SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

P R E S E N T A:

KARINA BETZABETH MOTA SANCHEZ

TUTOR:

Dr. ENRIQUE CESAR VALDEZ

2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Iturbe Argüelles Rosario

Secretario: M.I. Santos Jallath José Enrique

Vocal: M. Adm.Ind Ramírez Burgos Landy Irene

1^{er}. Suplente: Dr. César Valdez Enrique

2^{do}. Suplente: Dr. Solé Viñas Jesús

Lugar o donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

TUTOR DE TESIS:

Dr. ENRIQUE CÉSAR VALDEZ



FIRMA

Agradecimiento

Agradezco a la empresa minera Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada S.A. De C.V por el apoyo otorgado para la realización del proyecto de tesis que lleva por nombre “ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA MINA DE HIERRO A CIELO ABIERTO”.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es necesario considerar que este trabajo no hubiera sido posible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado el desarrollo y la conclusión de este proyecto. Por ello, es para mí un verdadero placer agradecer a aquellas personas que dedicaron su tiempo para la realización de este trabajo final.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Dr. Enrique César Valdez por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección, por su apoyo, paciencia, confianza y su capacidad para guiar con orientación el desarrollo de esta tesis. Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al M.I. José Enrique Santos Jallath por su importante aporte y participación activa y por encima de todo, su disponibilidad y paciencia que hizo que el apoyo brindado fuera benéfico tanto a nivel científico como personal; no cabe duda que su participación haya enriquecido el trabajo realizado. Agradezco de manera especial al Dr. Jesús Solé Viñas, a la Dra. Rosario Iturbe Argüelles y a la M. Adm. Landy Irene Ramírez Burgos por permitir que esta tesis se desarrollara en el marco de un proyecto de colaboración en grupo.

Nuevamente mi agradecimiento a Rodrigo T. Sepúlveda Hirose por su apoyo, su compañerismo y por los consejos de gran ayuda para el desarrollo de esta tesis.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta dura travesía. A mis padres, Gerardo e Inés, por su ejemplo de lucha y honestidad; a mis hermanos Abladain y Yissha por su tenacidad y superación; a Miguel, Celia, Ángela, Miriam por ser un ejemplo de valentía, capacidad y superación y a todas mis tías y tíos; Marina, Carmen, Antonieta, Miguel de los Cobos, Gabriel, Daniel por apoyarme de manera incondicional, esta tesis es para ustedes.

Para mis compañeros de Maestría, Mónica, Beatriz, Luis, Diana, Esmeralda, Rebeca, Alfredo que estuvieron conmigo y compartimos tantas aventuras, experiencias, desveladas y triunfos; que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante esta travesía. A mis amigos incondicionales, Guadalupe, Bernardo, Leonardo, Adolfo y en especial a Pablo Olalde por su cariño y comprensión en todo este trayecto académico, muchas Gracias.

Finalmente, debo agradecer a mí Alma Máter, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Posgrado de Ingeniería del campo de Conocimiento Ingeniería Ambiental y al Consejo Nacional De Ciencia Y Tecnología por el apoyo y financiamiento de la realización de mis estudios de Maestría.

Resumen

La minería en México es un sector estratégico para el crecimiento económico y es una oportunidad potencial para el aumento de producción a nivel mundial por tener gran variedad y concentración de minerales en el territorio, ofreciendo empleo, desarrollo tecnológico, infraestructura y servicios, pero también genera varios impactos ambientales significativos. En este trabajo se realizó un análisis cronológico para evaluar la magnitud de la calidad y el impacto ambiental que hay en una mina de hierro a cielo abierto para los años de 1956, 1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 de la empresa “Consortio Minero Benito Juárez de Peña Colorada” ubicada en el Municipio de Minatitlán del Estado de Colima, mediante la aplicación de normatividad y el uso de nuevas tecnologías (Sistemas de Información Geográfica) y técnicas aplicadas en la evaluación de impacto ambiental (Matriz de Leopold, Bateller-Columbus, listados y transposición de imágenes). Se describieron las actividades del proceso minero (preparación sitio, desarrollo, operación y post-operación) y los elementos ambientales que son afectados por la actividad (medio físico, biológico y socioeconómico) para la identificación de impactos. Como resultado del análisis y considerando una calidad optima de 1000 Unidades de Impacto Ambiental (UIA), para el año sin proyecto (1956) se tiene un valor de 927.06 UIA marcando una afectación en la zona de estudio ocasionada por la agricultura, en 1971 inicia la actividad minera con un valor de 928.50 UIA, para los años 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 se tiene una calidad de 784.78, 806.76, 748.32, 785.18, 752.21 y 772.80 UIA respectivamente. El impacto neto ocasionado por la actividad minera para el periodo de 1956-2010, es de 154.27 UIA considerando medidas de mitigación. Los elementos más afectados son el Medio Físico (Tierra-suelo) y Biológico (Flora); el Medio Socioeconómico presenta impactos positivos favoreciendo a la población, la infraestructura y economía.

Summary

Mining in Mexico is a strategic sector for economic growth and is a potential opportunity to increase global production by having great variety and concentration of minerals in the country, providing employment, technological development, infrastructure and services. It also generates significant environmental impact. This work is a chronological analysis to assess the magnitude of the quality and environmental impact in an iron mine in the years 1956, 1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 and 2010 by company "Consortio Minero Benito Juarez Peña Colorada" located in the Municipality of Minatitlan, Colima, through the application of standards and the use of new technologies (GIS) and techniques applied in the environmental impact assessment (Matrix Leopold, Bateller-Columbus, listings and transposition of images). It describes the activities of the mining process (site preparation, development, operation and post-operation) and environmental elements that are affected by the activity (physical, biological and socioeconomic) for identifying impacts. As a result of analysis and considering a 1000 optimal quality Environmental Impact Units (EIU), no project for the year (1956) it is worth making a EIU 927.06 involvement in the study area, including agriculture, in 1971 mining began with a value of 928.50 EIU, for the years 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 and 2010, had a quality of 784.78, 806.76, 748.32, 785.18, 752.21 and 772.80 respectively EIU. The net impact caused by mining activities for the period 1956-2010, is 154.27 EIU considering mitigation measures. The most affected are the Physical Environment (Earth-ground) and Biological (Flora). Socio-economic environment had positive effects on population, infrastructure and economy.

Índice

	Pagina
1 Introducción	1
Justificación	
Objetivos del estudio	
Alcances	
Metodología del estudio	
2 Situación actual y prospectiva de la minería en México	7
Geología económica y mineralogía	
Producción actual en México	
Prospectiva	
3 Descripción del proyecto típico de una mina a cielo abierto y estudio de caso	19
Procesos de explotación del minerales	
Procesos de beneficio de minerales	
Estudio de un caso: proyecto de mina a cielo abierto	
4 Identificación de impactos ambientales típicos	31
Impactos en la calidad del aire	
Impactos en el nivel de ruido	
Onda aérea	
Impactos en la calidad del agua superficial y subterránea	
Impactos en el suelo	
Impactos en el paisaje	
Impactos en flora y fauna	
Impactos sociales y económicos	
5 Descripción del sistema ambiental y problemática ambiental en el área de influencia	51
Focalización	
Trabajos de campo	
Características del medio natural	
Características del medio socioeconómico	
6 Identificación y evaluación de impactos ambientales del estudio de caso	81
Metodología y técnicas aplicadas para la identificación y evaluación de impactos	
Árbol de acciones del proyecto	
Árbol de factores ambientales	
Valoración de factores ambientales	
Valoración de impactos ambientales	
Conclusiones	

7	Medidas de mitigación de los impactos ambientales	191
	Medidas de mitigación	
	Legislación y normatividad mexicana a proyectos mineros	
	Medidas de mitigación propuestas en una muestra de proyectos analizados	
	Medidas de mitigación aplicadas en el caso estudio	
	Tipos de medidas de mitigación observadas en otros países, consideradas buenas prácticas de ingeniería	
8	Conclusiones	211
	Anexo A	215
	Resultados de la metodología aplicada al caso estudio	
	Anexo B	223
	Índice de Calidad del Agua	
	Anexo C	229
	Medidas de mitigación propuestas en otros países (buenas prácticas)	
	Bibliografía	253

1. Introducción

La práctica de extraer rocas de la tierra, trabajarlas y procesarlas para convertirlas en bienes de uso es tan antigua como la humanidad misma. En la actualidad, las actividades mineras han jugado un papel central en el desarrollo económico de los grupos humanos, constituyéndose como un sector estratégico para el desarrollo y crecimiento de los países.

El sector minero en México se considera de gran importancia por su diversidad y abundancia de minerales que hay en su territorio, ocupando un lugar privilegiado en la producción mundial de minerales. Esto ha favorecido el desarrollo industrial en la obtención de materias primas en un gran número de ramas industriales, como la petrolera, la siderúrgica, la química, la electrónica, la construcción, etc., así como oportunidades de empleo y generación de ingresos. Como resultado, México tiene un importante potencial minero que constituye una ventaja primordial para el desarrollo de un sector minero competitivo a nivel mundial.

Ahora bien, la minería, en su interacción con el medio, puede provocar una serie de impactos positivos y negativos durante el proceso de extracción, donde la minería a cielo abierto se considera que es una de las actividades con mayor alteración del ambiente. Las alteraciones más significativas en la minería a cielo abierto son la remoción parcial o total del suelo y de la vegetación, esta remoción se realiza para localizar el yacimiento y obtener el mineral mediante voladura, además, de que es necesario la creación de caminos y construcciones adicionales (oficinas, campamentos, plantas, etc.), dando como resultado un cambio considerable en la geomorfología, patrones de drenaje y en los ecosistemas.

Después de que el mineral es extraído del suelo, se utilizan una serie de procedimientos físico - químicos (llamado también como proceso de beneficio) para concentrar el mineral deseado en forma de pulpa (mineral con agua), esta pulpa o concentrado tiene como destino final a los clientes correspondientes para su manejo y producción. Durante este proceso de concentración se genera un gran volumen de residuos conocidos como jales, los jales son depositados en una estructura de retención y comúnmente llamada presa de jales. En algunos casos estos residuos contienen elementos tóxicos, dichos elementos son capaces de contaminar los cuerpos de agua más cercanos al lugar de explotación por fugas o derrames durante el proceso de beneficio.

Dependiendo del volumen del yacimiento y los procesos realizados en la mina, dicha explotación puede ser de varios años y que con el tiempo, genera una mayor alteración al medio para poder cumplir con la producción de mineral deseada por parte de la empresa. En virtud de lo anterior, se plantea como objetivo del presente trabajo el desarrollo de una metodología para determinar el grado de alteración o afectación

generada al ambiente por el desarrollo de la minería a cielo abierto, mediante el uso de técnicas de evaluación de impacto ambiental, considerando un caso real de explotación de hierro, a cielo abierto.

Los métodos usados en las evaluaciones de impacto ambiental permiten formar un juicio para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que produciría un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, sin embargo, para este trabajo, se considero una mina que se encuentra actualmente en operación (Peña Colorada) y para el análisis se utilizaron diversos métodos cuantitativos y cualitativos como la Matriz de Leopold modificada, Bateller-Columbus, listados, transposición de imágenes, Sistemas de Información Geográfica (SIG), entre otros.

La característica principal del proyecto fue la realización de una evaluación a través del tiempo (multitemporal), que consistió en la búsqueda de información y visitas a la zona de estudio, el análisis e interpretación de la información mediante la aplicación de los métodos de EIA para determinar el impacto ambiental neto o total generado por la mina a través de los años registrados.

Como resultado se visualiza una afectación al medio ambiente por la actividad minera, los factores más afectados son para el Medio Físico (Tierra-suelo) seguido por el Medio Biológico (Flora); para el Medio Físico es necesario tener una mayor atención para las medidas de mitigación del suelo que es afectado por el desmonte y despalme. El componente Agua del Medio Físico también se considera como uno de los elementos afectados tanto para el agua superficial como para el acuífero que hay en la zona. Para el Medio Biológico la Flora y la Fauna son los factores que son alterados principalmente en la fase de desarrollo del proyecto minero, pero a través del tiempo se presenta un proceso adaptativo atenuando el impacto y presentándose una recuperación de la calidad. Por último el Medio Socioeconómico presenta una serie de impactos positivos favoreciendo a la población (migración), la infraestructura (vivienda y servicios básicos de agua, luz, etc.) y economía (generación de empleos).

Durante el análisis se consideraron las medidas de mitigación propuestas por la empresa y por la revisión bibliográfica de otros países con actividad minera relevante en donde se observa, una mejoría de la calidad en la zona de estudio. Con respecto al proyecto, se realizaron las principales recomendaciones en la aplicación de los métodos utilizados en este proyecto que pueden servir de apoyo para una visualización del impacto real generado por la actividad minera.

1.1. Justificación

México es un destacado productor de minerales a nivel mundial y de amplia tradición minera por su rica concentración y variabilidad de yacimientos encontrados en el país. Destaca principalmente en la producción de oro, plata, plomo, cobre, hierro, zinc, entre otros. Durante el desarrollo de la minería en el país se han generado beneficios sociales y económicos (empleo, calidad de vida, desarrollo tecnológico, mayor infraestructura, servicios sociales, etc.); sin embargo, poco se sabe sobre los costos *intangibles* relacionados al medio ambiente originado por la explotación de los minerales. Aunque muchas veces son

imperceptibles, los problemas ambientales constituyen la consecuencia negativa de la demanda de minerales que se usan a diario.

Detrás de la minería existe un legado de problemas ambientales que afectan principalmente la zona donde se realiza esta actividad. El deterioro ambiental se genera al inicio de la actividad minera, donde abarca la exploración, desarrollo (construcción), operación e inclusive este deterioro aun continua después del cierre de la mina. Los principales elementos ambientales afectados son los suelos y/o la vegetación mediante la remoción del mismo para la explotación del mineral y obras asociadas. Los procesos mineros suelen ocupar grandes cantidades de agua afectando a los cuerpos (ríos y acuíferos) que se encuentran cerca de la zona de explotación, además, de que pueden ser contaminados con residuos generados por la actividad. Por otra parte las poblaciones cercanas a la zona de explotación reciben ingresos mediante la generación de empleos, servicios, etc., pero en algunos casos, es afectada como ejemplo la salud por concentraciones altas de metales en el organismo, etcétera.

Por esta razón, es necesario que la actividad minera del país, se enmarque adecuadamente en la amplia legislación, reglamentación y normatividad disponible, con el propósito de desarrollar prácticas de extracción de minerales bajo condiciones de protección al ambiente y apoyo a las poblaciones involucradas por ser una actividad económica para el desarrollo del país.

En virtud de lo anterior es preciso efectuar la investigación sobre los impactos significativos y potenciales de la actividad, dado que se prevé un intenso crecimiento de la industria debido a la prospectiva de nuevos proyectos mineros en los siguientes años, que deben ser planeados adecuadamente desde el punto de vista ambiental.

1.2. Objetivo del estudio

Realizar un análisis multitemporal para la evaluación de la magnitud del impacto ambiental a través de la evaluación de la calidad ambiental a través de los años, mediante el empleo de nuevas tecnologías (percepción remota).

1.3. Objetivos específicos

- Identificar, describir y evaluar los impactos ambientales generados por la minería a cielo abierto, así como analizar la efectividad de las medidas de mitigación empleadas.
- Conocer las etapas y los procesos de la explotación a cielo abierto.
- Revisión de las medidas de mitigación de los impactos practicadas en los proyectos mineros que operan en México.
- Revisión de las normas oficiales mexicanas, así como las buenas prácticas de ingeniería de la minería en el mundo enfocadas a la mitigación de impactos ambientales.
- Evaluación de los impactos residuales en un proyecto minero en operación.

1.4. Alcances y limitaciones

Se seleccionó una mina de hierro a cielo abierto como caso estudio para determinar los impactos adversos significativos. Con base en la información bibliográfica y en el trabajo en campo realizado a la mina, se determinaron las características del proceso de extracción y se realizó un análisis multitemporal del impacto generado en el caso estudio.

En lo relativo al factor biológico, para fines de evaluación se consideró que en su condición óptima, el sitio podría haber tenido características similares a las que se tienen actualmente en el Área Natural Protegida de la Sierra de Manantlán, ya que no se encontraron estudios relativos al tema realizados en la zona, en el tiempo considerado como cero. Por lo tanto en este aspecto los resultados deben considerarse como reservas.

Debido a la carencia de información histórica, solo se contó con registros y estudios para evaluar la calidad ambiental correspondiente a los años de 1956, 1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. Siendo el año sin proyecto el de 1956, 15 años antes del inicio del proyecto. Para la revisión de las medidas de mitigación se consideró solamente los proyectos de minas a cielo abierto.

1.5. Metodología del estudio

Las actividades desarrolladas como parte de este trabajo consisten en 3 etapas; identificación, análisis multitemporal y la valoración e interpretación de resultados de los impactos generados en el caso de estudio.

La primera etapa consideró la identificación del árbol de acciones que son las actividades del proyecto en sus diversas fases (construcción, operación, etc.), que pueden provocar alguna forma de impacto sobre el ambiente, además del árbol de acciones, se elaboró el árbol de factores ambientales, que son los elementos del ambiente del ámbito de estudio, susceptibles de recibir impactos por la ejecución y puesta en marcha del proyecto (suelo, acuífero, flora, fauna etc.). Se identificaron las relaciones causa-efecto que han derivado en determinados impactos.

Para el análisis multitemporal se consideró la identificación y valoración de impactos en periodos seleccionados y para la última etapa se estableció un juicio de valor o criterio profesional basándose en la asignación de valores a cada efecto, en una escala homogénea referida a la calidad ambiental y que generalmente va ajustada a valores porcentuales (entre 0 y 100) o proporcionales (0 a 1). De los resultados obtenidos se realizó un análisis para la interpretación de la evaluación obtenida para cada uno de los años correspondientes.

El desarrollo del trabajo se compone de 8 capítulos. En el Capítulo 2 se describe el contexto histórico del desarrollo de la minería considerando sus beneficios económicos a nivel nacional e internacional. En el Capítulo 3 se exponen a detalle los procesos físico-químicos empleados en la minería a cielo abierto. También, se describen las características de la mina seleccionada como caso estudio, junto con la descripción del proceso de extracción empleado.

El Capítulo 4 resume los impactos generales causados por la actividad minera a cielo abierto a nivel nacional e internacional. La descripción del entorno ambiental (ubicación, clima, fisiografía, hidrología, etc.) del caso de estudio se presenta en el Capítulo 5, que incluye una recopilación bibliográfica acerca de la problemática de la actividad minera en el lugar así como los resultados del trabajo de campo realizado en la zona de estudio.

En el Capítulo 6 se analiza el caso de la mina en estudio, considerando métodos de evaluación de impacto ambiental para determinar el impacto generado neto o total causado por la minería en los componentes ambientales seleccionados (físicos, biológicos y socioeconómicos) a través de un análisis cuantitativo multitemporal que permitió determinar la magnitud del impacto en función de la disminución o aumento de la calidad ambiental considerando las condiciones sin y con proyecto.

El Capítulo 7 incluye las medidas de mitigación empleadas a nivel nacional e internacional en proyectos mineros, entre ellas, el uso de las nuevas tecnologías que redundan en mejores prácticas para minimizar el impacto generado por la explotación minera. Se abordan también las medidas de mitigación que se han venido realizando en el proyecto en estudio. Por último, el Capítulo 8 contiene las conclusiones y recomendaciones derivadas del presente trabajo.

2. Situación actual y prospectiva de la minería en México

México ha tenido fama de ser un país con gran actividad minera desde hace más de 500 años, por su rica concentración y variedad de minerales localizados en su territorio. La minería en este país data de la época prehispánica cuando los antiguos pueblos explotaron yacimientos superficiales para realizar trabajos de metalurgia con oro, plata, cobre y algunas aleaciones (PRISA, 2011).

Tras la conquista del territorio por parte de los españoles, la minería de plata se convirtió en la principal actividad económica de la Colonia (Figura 2.1). Este hecho no sólo estaba vinculado con la riqueza mineral del subsuelo de Nueva España, misma que en buena medida era resultado de la actividad volcánica, sino también a los desarrollos tecnológicos que se realizaron en su territorio, como el llamado "método de patio", descubierto por Bartolomé de Medina en las minas de Real del Monte, por medio del cual -gracias al mercurio- se lograba un mayor y más eficiente beneficio de la plata. Por su parte, la fundación del Real Seminario de Minería significó la apertura de la primera institución estrictamente científica y tecnológica de Nueva España (PRISA, 2011).



Figura 2. 1 Interior de las minas de Guanajuato en la época Colonial

Fuente: <http://mx.kalipedia.com/popup>

Asimismo, durante aquellos años la explotación minera se convirtió en el motor que impulsó el desarrollo de las actividades agrícolas, ganaderas y manufactureras en Nueva España (PRISA, 2011).

Tras el turbulento periodo que va de la guerra de Independencia al inicio del Porfiriato, la minería mexicana recuperó su importancia y vivió una revolución: la extracción y el beneficio de minerales preciosos (oro y plata) perdió importancia, mientras la minería de metales industriales (cobre, hierro,

manganeso, etc.) se convirtió en su rama más pujante. El desarrollo de esta minería también generó una transformación del norte del país, pues las nuevas explotaciones y plantas de beneficio implicaron la construcción de ciudades en las regiones que estaban casi despobladas; esto fue lo que ocurrió, por ejemplo, en Santa Rosalía, Baja California; Cananea y Nacozari, Sonora; y la zona carbonífera de Coahuila (PRISA, 2011).

En la época moderna, la actividad minera ha estado presente en el desarrollo del país como un factor importante de modernización y avance, al suministrar insumos a prácticamente todas las industrias, entre las que destacan las de la construcción, la metalúrgica, la siderúrgica, la química y la electrónica, y al formar parte de la fabricación de artículos de uso cotidiano, que van desde lápices, relojes, joyas, televisores, computadoras, automóviles y camiones, la construcción de casas, edificios y carreteras, hasta la manufactura de una gran variedad de maquinaria y equipo (Ordáz, 1994).

2.1. Geología económica y mineralogía

2.1.1. Historia de la minería en México

La tradición minera se remonta a la época prehispánica, como lo muestra la explotación de yacimientos ubicados principalmente en las zonas de Taxco, Pachuca, Guanajuato y la Sierra Gorda, en Querétaro, donde se encontraron vestigios de bocaminas. Sin embargo, no es sino hasta el periodo de la Colonia cuando la minería adquiere una gran relevancia económica y social, que se refleja en un importante impulso a la creación de poblaciones en función de la ubicación de los yacimientos y de las actividades exploratorias, así como la creación de infraestructura de transporte, la especialización de fuerza de trabajo y el estímulo a las actividades de investigación. A nivel mundial, el auge de la minería mexicana se tradujo en un importante flujo de metales preciosos, especialmente plata, hacia los circuitos comerciales de Europa (Muñoz, 1986).

Después de la guerra de Independencia muchas minas fueron cerradas, siendo reabiertas posteriormente con el apoyo de capital extranjero. Actualmente, existen minas distribuidas por todo el territorio nacional y algunas de ellas han sido explotadas a lo largo de cuatro siglos, por lo que ciertos yacimientos son relativamente pobres si se comparan con los que estaban en uso en años anteriores. La mayoría de los municipios mineros se localizan en zonas montañosas, zonas áridas y llanuras costeras y las actividades mineras nacionales se limitan a la extracción en tierra firme, sin explotar yacimientos submarinos. México es un importante productor mundial de plata, celestita, sulfato de sodio, bismuto, cadmio, mercurio, barita, grafito, antimonio, arsénico, fluorita, plomo, zinc, molibdeno, feldespato, azufre, manganeso, sal, yeso y cobre (INEGI, 1996).

En la década de los ochenta la industria minera enfrentó graves problemas por las bajas cotizaciones internacionales resultantes de una situación de sobreoferta mundial, así como por la sustitución de los metales tradicionales en numerosos procesos productivos y el reciclado de metales. No obstante, en los

últimos años los precios de diversos metales, entre ellos cobre, plomo y zinc, han mostrado una franca recuperación, lo que está permitiendo a este sector un relativo auge que se expresa en un mayor valor de las exportaciones minero metalúrgicas, las cuales totalizaron más de 3,500 millones de pesos en 1994, mientras que en 1995 ascendieron a 12,802 millones de pesos (INEGI, 1996).

Como ejemplo de la importancia de este sector, se observa que durante 1995 participó con cerca del 2.3 % en el producto interno bruto (PIB) industrial y con el 0.6% en el PIB nacional. En los estados de Baja California Sur, Zacatecas, Colima, Coahuila y Sonora, la minería aporta un importante porcentaje del PIB estatal, el cual oscila de 11.7 % a 30.4%, por lo que cualquier variación de esta actividad tiene importantes repercusiones en los ámbitos social y económico de la región (INEGI, 1996). La Figura 2.2 muestra la localización aproximada de las minas que hay en la República Mexicana.

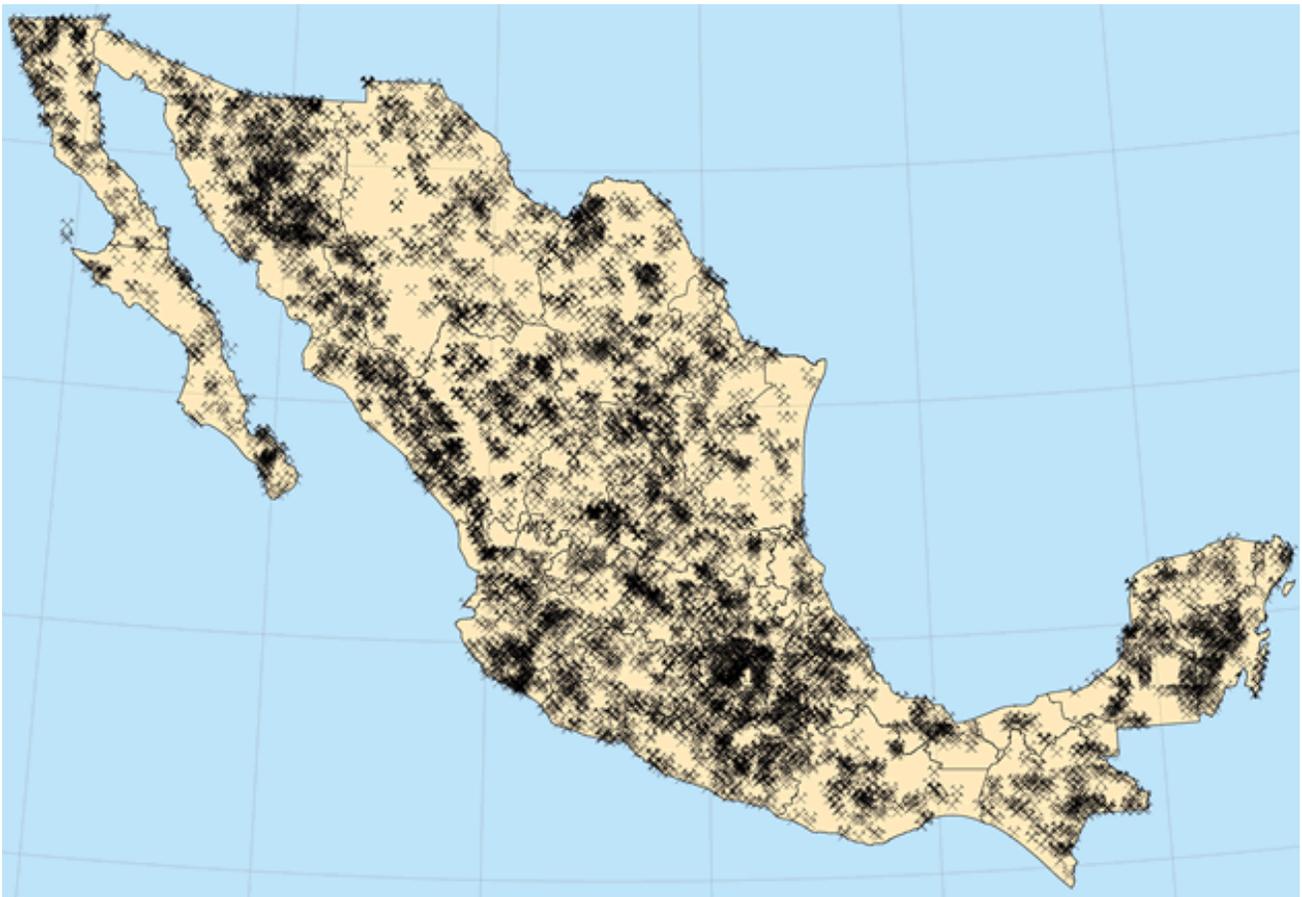


Figura 2. 2 Mapa minero de la ubicación de minas en la República Mexicana
Fuente: Servicio Geológico Mexicano

2.1.2. Industria minera

La minería se ocupa de la exploración, explotación y aprovechamiento de minerales. Existe una amplia variedad de minerales en la Tierra. Los hay sólidos (oro y níquel), líquidos (mercurio o el petróleo), quebradizos (yeso o cal) y gaseosos (gas natural). La naturaleza los presenta acumulados en lugares conocidos como yacimientos, los cuales se encuentran al aire libre o en el subsuelo a diferentes niveles de profundidad. La clasificación de los minerales y sus características se muestran en el Cuadro 2.1.

Las 32 entidades federativas de la República Mexicana cuentan con yacimientos mineros (ver Figura 2.2). A nivel nacional destaca la producción de 10 minerales (oro, plata, plomo, cobre, zinc, fierro, coque, azufre, barita y fluorita), seleccionados por su importancia económica y su contribución a la producción nacional. Otros minerales que en México también destacan por su volumen de producción son: molibdeno, carbón mineral, manganeso, grafito, dolomita, caolín, arena sílica, yeso, wollastonita, celestita, feldespato, sal, diatomita, sulfato de sodio y sulfato de magnesio, entre otros (INEGI, 2010).

Cuadro 2. 1 Características principales de los minerales

	<p>Tienen brillo propio y son buenos conductores de calor y electricidad. Los más comunes en México son: oro, plata, plomo, cobre, zinc y fierro.</p>	<p>Metales preciosos</p>	<p>Tienen alto valor económico, ya que son escasos en la naturaleza. Entre los principales se encuentran el oro, que se utiliza como medio de inversión, en orfebrería y joyería.</p> <p>Otros metales preciosos son: platino, paladio, rodio, iridio, osmio y rutenio.</p>
<p>Metálicos</p>	<p>En su estado natural se encuentran mezclados entre sí, por ejemplo: el oro con cobre o el plomo con zinc; para separarlos, se recurre a una serie de procedimientos mecánicos y químicos que permiten obtener el metal afinado.</p>	<p>Metales Industriales no Ferrosos</p>	<p>Son la materia prima para la industria de la transformación. Entre los que más se extraen en México están el plomo, cobre, zinc y molibdeno.</p> <p>También se encuentran dentro de este grupo: antimonio, arsénico, bismuto, estaño, aluminio, níquel, cromo, tungsteno, selenio, titanio, niobio, tantalio y vanadio, entre otros.</p>
<p>No metálicos</p>	<p>No tienen brillo propio ni conducen electricidad. En este grupo se ubican: arena sílica, azufre, barita, caolín, celestita, diatomita, dolomita, fluorita, feldespato, fosforita, fluorita, grafito, sal, sulfato de sodio, sulfato de magnesio y yeso, entre otros.</p> <p>Otros que se encuentran dentro de este grupo son: antimonio, arsénico, bismuto, estaño, aluminio, níquel, cromo, tungsteno, selenio, titanio, niobio, tantalio y vanadio, entre otros.</p>		<p>Se utilizan como materia prima en la industria siderúrgica. Los más importantes dentro de este grupo son: carbón, coque, fierro y manganeso, entre otros.</p>
<p>Minerales energéticos</p>	<p>Permiten liberar energía a partir de ellos</p>	<p>Hidrocarburos</p> <p>Carbón térmico</p> <p>Uranio</p>	

Fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/mineria.asp>

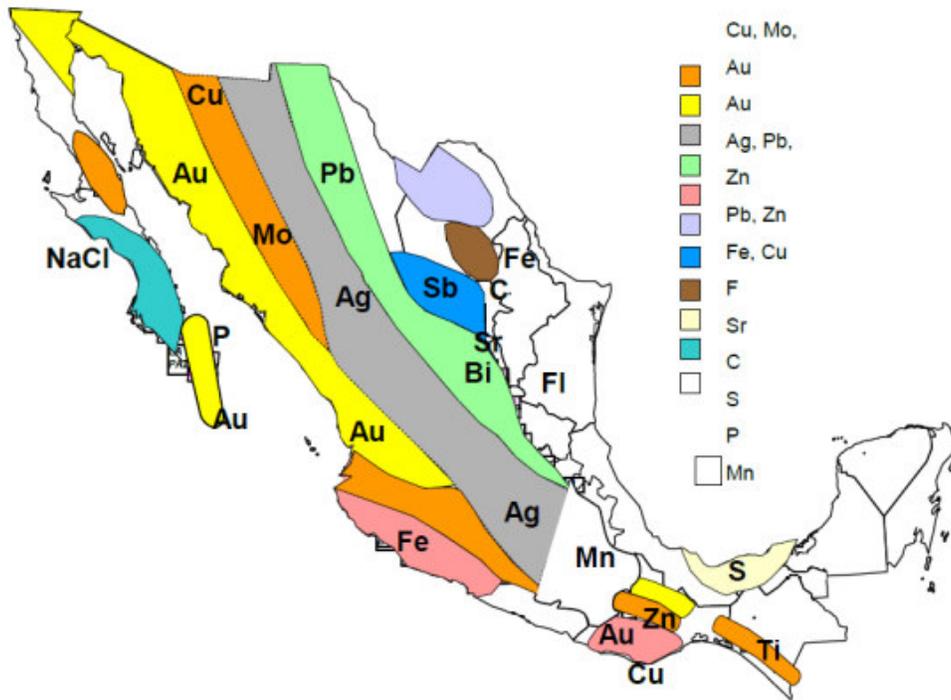


Figura 2.3 Mapa metalogénico de México
Fuente: Servicio Geológico Mexicano

2.2. Producción actual en México

Considerando la situación minera mexicana durante el 2010, el valor de la producción minero-metalúrgica fue de 13 mil 900 millones de dólares, ubicándola entre los sectores productivos más importantes de nuestro país, por tercer año consecutivo (Figura 2.4). Las divisas generadas por la industria minera ascendieron a 15 mil 474 millones de dólares, 51% más que en 2009 (CAMIMEX 2011).

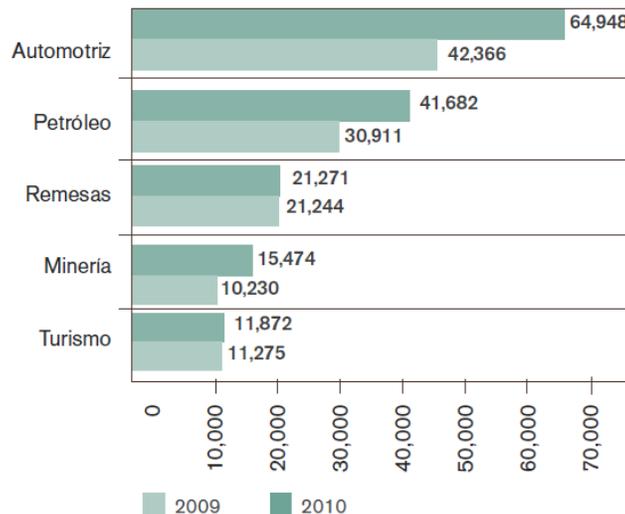


Figura 2.4 Divisas generadas en los principales sectores económicos 2010/2009 (millones de dólares)
Fuente: Banxico, SECON, INEGI

De acuerdo con la información publicada por el INEGI, el valor de la producción minero-metalúrgica aumentó 50.4%, al alcanzar los 142 mil 623 millones de pesos (47 mil 806 millones de pesos más que en 2009). Este significativo aumento fue derivado por el incremento en el valor de los cuatro grupos de productores y además por el aumento en los volúmenes de producción de 23 minerales. Así, el 92% del valor de la producción minero-metalúrgica está integrado por el oro 25%, plata 20%, cobre 16%, zinc 10%, pellet de hierro 5%, coque 5%, carbón 4%, molibdeno 3% y plomo 3% (Figura 2.5 y 2.6) (CAMIMEX 2011).

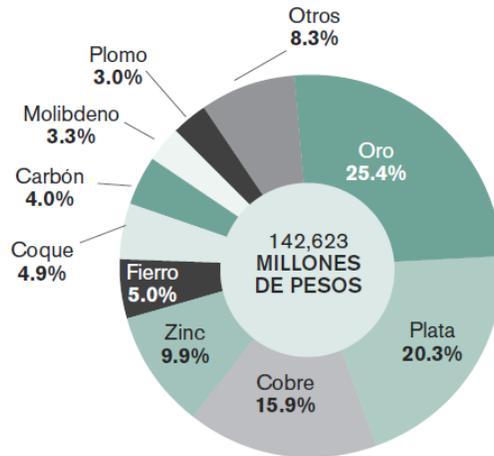


Figura 2.5 Participación de los metales y minerales en el valor de la producción minero – metalúrgico 2010
Fuente: INEGI

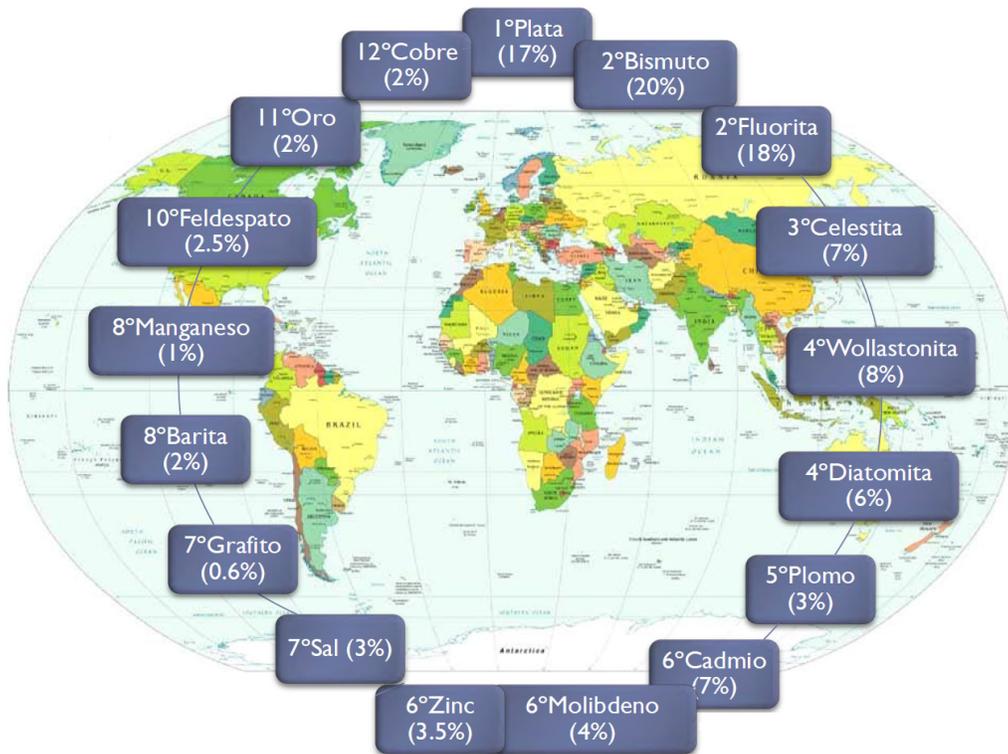


Figura 2.6 Participación de México en la producción mundial 2010
Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

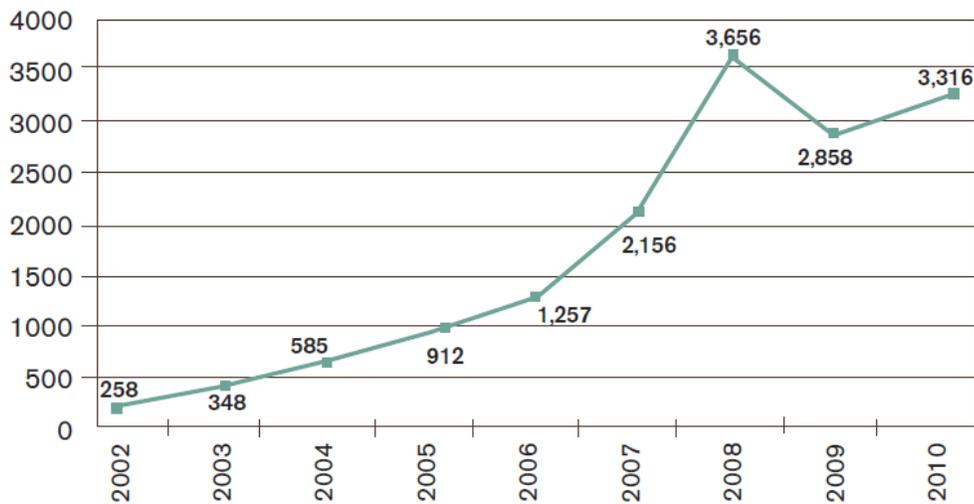
El fuerte impulso en el valor de la producción minera está directamente relacionado con los buenos precios internacionales que permitieron en el 2010 la apertura de 8 unidades mineras (Cuadro 2.2) entre las que destacan la entrada en producción comercial en enero de la mina de oro “Soledad–Dipolos”, en Sonora y “Peñasquito” en Zacatecas que en septiembre inició la producción comercial de oro, plata, zinc, entre otros (CAMIMEX 2011).

Cuadro 2. 2 Minas que entraron en operación 2010

Unidad	Empresa	Estado	Mineral	Inv. US Millones
▪ Soledad-Dipolos	Fresnillo Plc	Son.	Au	85
▪ Unimisur	Mexichem	Ver.	S	50
▪ Cieneguita	Panamerican Goldfields	Chih.	Au, Ag	11
▪ San Francisco	Timmins	Son.	Au	37
▪ El Águila	Gold Resources	Oax.	Au, Ag	50
▪ Peñasquito	Goldcorp	Zac.	Au, Ag, Pb, Zn	1,700
▪ Santa Elena	Silver Crest	Son.	Au, Ag	45
▪ Crestón Mascota	Agnico Eagle	Chih.	Au, Ag,	64
			Total	2,042

Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

Durante 2010, la inversión total en la industria minera aumentó en 16% alcanzando los 3 mil 316 millones de dólares (458 millones más que en 2009). De esta forma la inversión ejercida en el periodo 2007-2010 ascendió a 11 mil 986 millones de dólares. Adicionalmente se anuncian inversiones de 9 mil 300 millones de dólares para los próximos dos años, por lo que el compromiso de la industria minera de México se traducirá en una inversión superior a los 21 mil millones de dólares para el periodo 2007-2012, (Figura 2.7).



Nota: A partir del 2007 se incluyen datos de empresas no asociadas a Camimex

Figura 2. 7 Inversión nacional en el sector minero metalúrgico 2002 – 2010 (millones de dólares)

Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

2.2.1. Exploración

En 2010, el monto global invertido en exploración minera –incluyendo Uranio– ascendió a 11 mil 500 millones de dólares, equivalente a un incremento de 45% respecto al periodo anterior.

Por segundo año consecutivo, América Latina volvió a ser la región más atractiva en exploración al recibir 27% del monto total. México avanzó dos posiciones al colocarse en el cuarto destino más atractivo en el mundo y el primero en América Latina para las inversiones en exploración minera, superado únicamente por Canadá, Australia y Estados Unidos. De acuerdo con el Metals Economics Group (MEG), México atrajo 6% de la inversión mundial, lo que equivale a 641 millones de dólares (Figura 2.8) (CAMIMEX 2011).

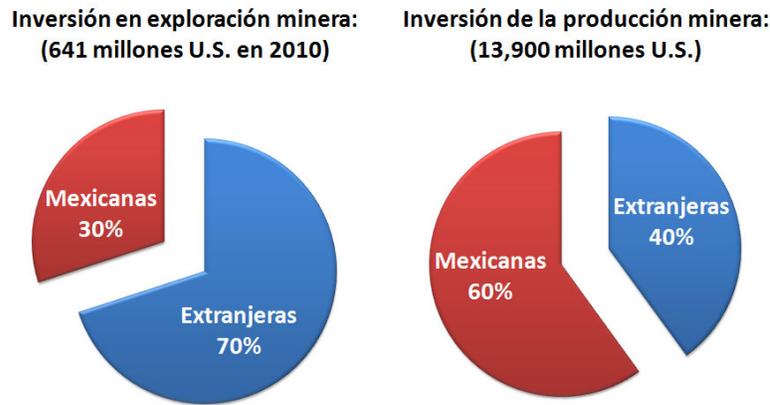


Figura 2. 8 Participación extranjera en la minería, México
Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

Del total de capital de riesgo invertido en exploración, 51% se orienta a la búsqueda de yacimientos de oro y sólo 33% a la exploración de metales base. La predilección por el oro se mantiene desde 2003 debido al constante incremento del precio internacional. Sin embargo, durante 2010 la plata resultó ser más rentable que el oro. La cotización promedio del oro anual se incrementó 25.9% entre 2009 y 2010, mientras que el precio de la plata creció 37.6% en ese periodo.

2.3. Prospectiva

La minería es una industria de ciclos que actualmente atraviesa por uno positivo que le ha permitido su crecimiento exponencial. Se prevé que, si las condiciones para el sector minero se mantienen y mejoran, se invertirán 9 mil 300 millones de dólares, para alcanzar más de 21 mil millones de dólares entre 2007 y 2012. El potencial geológico minero indica que el 70% del territorio nacional es apto para seguir localizando yacimientos minerales de clase mundial, (CAMIMEX 2011).

Existen en el país más de 738 proyectos de exploración, algunos de ellos ya en fase de construcción (Figura 2.9 y 2.10).

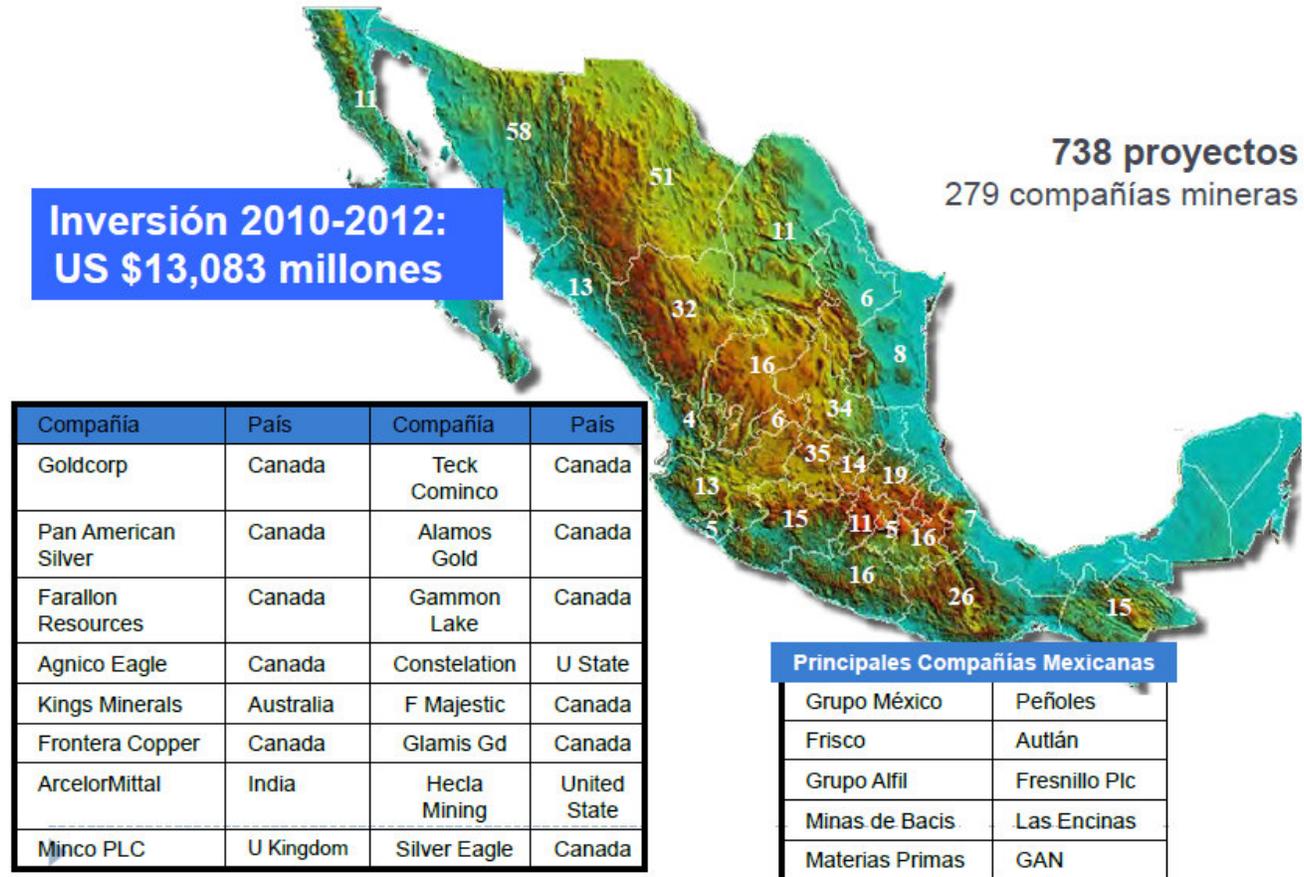


Figura 2. 9 Número de proyectos de exploración
Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

De esta manera se presenta una visión excelente de oportunidad de crecimiento en el ciclo expansivo de la minería a nivel mundial y en México existe un alto potencial minero sin explorar.

Como conclusión, la industria minera mexicana es un sector estratégico para el crecimiento del país, ya que existen minas y nuevos proyectos en desarrollo que están distribuidas por todo el territorio nacional; sin embargo; el desarrollo y modernización de este sector, como en la mayor parte de la industrias, lleva implícitas perturbaciones al medio ambiente. La explotación de estas minas a lo largo de los años ha generando una gran cantidad de desechos y sitios contaminados, afectando el subsuelo, la atmósfera, suelos y cuerpos de agua superficiales y subterráneas. *Y aunque es difícil estimar el costo del impacto ambiental que ha causado la minería en México, sí se reconoce que es significativo y mayor que el provocado por otras actividades industriales. La problemática ambiental y los riesgos a la salud siempre han estado vinculados con las actividades de la industria minera* (Gutiérrez & Moreno Turrent, 1995), como ocurrió en las minas prehispánicas de cinabrio (sulfuro de mercurio) de la Sierra Gorda de Querétaro, los jales de la época colonial de Pachuca, Taxco, Guanajuato, Zacatecas, etc., sin embargo, también es cierto que las grandes afectaciones ambientales causadas por la actividad minera del pasado, ocurrieron por el desconocimiento de los daños que se podrían ocasionar al medio por la falta de tecnología y normatividad con la que actualmente se cuenta hoy en día.

En gran parte del país, pero sobre todo en Chihuahua, Michoacán, Zacatecas, Durango, Sonora, Coahuila, Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo, Sinaloa, Colima y Jalisco, la actividad minera ha generado por décadas gran cantidad de desechos y contaminación, señala el Instituto Nacional de Ecología en el estudio Tecnología de remediación para sitios contaminados (2004).

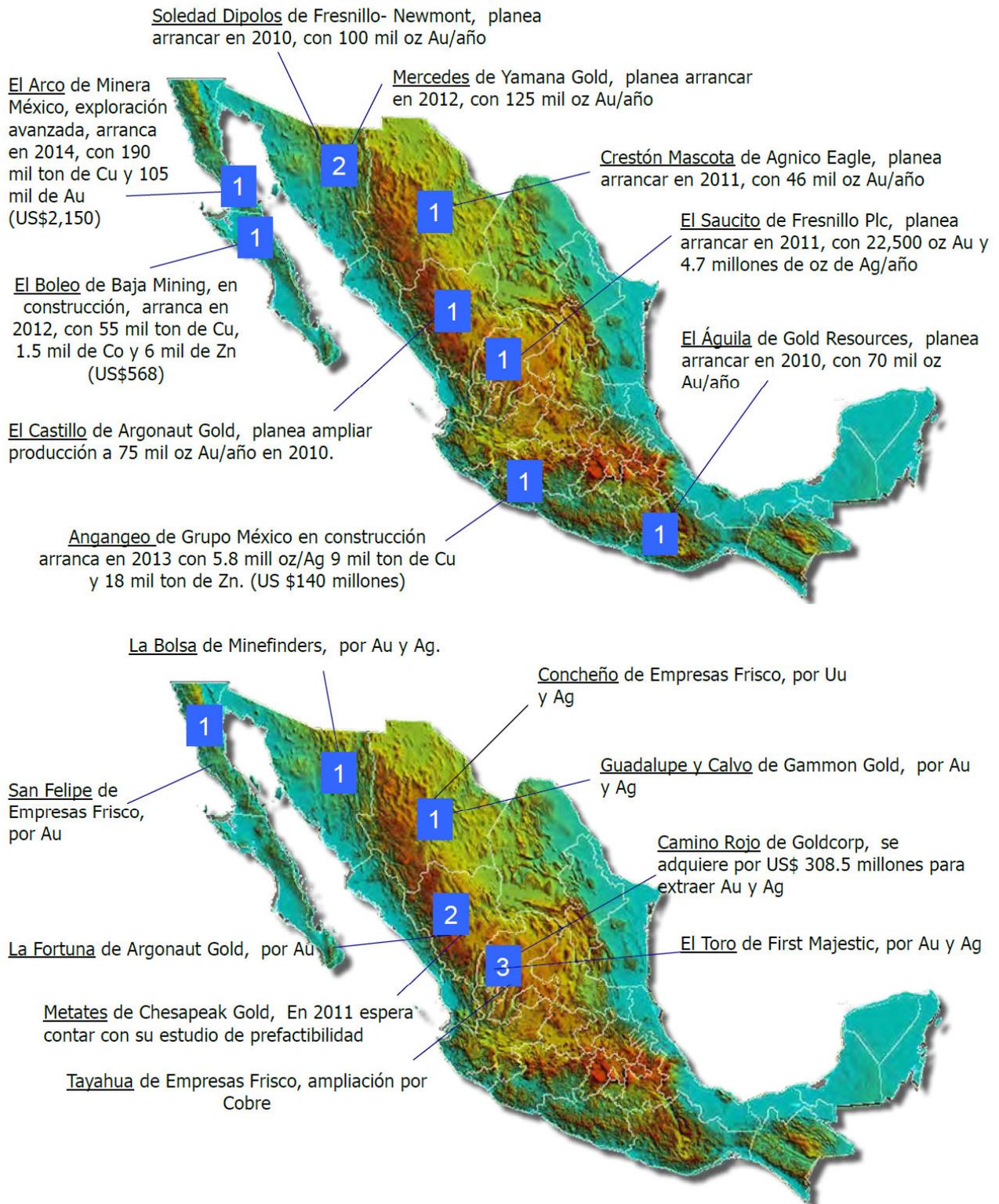


Figura 2. 10 Número de proyectos en construcción y/o exploración avanzada
Fuente: Informe Anual 2011, CAMIMEX

3. Descripción del proceso de extracción de mineral en una mina a cielo abierto y estudio de caso

Las dos terceras partes de los casi 2 millones de km² del territorio nacional presenta condiciones geológicas que suponen la existencia de yacimientos minerales (SEMARNAT, 2011).

La explotación a cielo abierto, conocida también como a *Tajo abierto*, es un tipo de explotación que se aplica a yacimientos minerales poco profundos y de gran extensión lateral; tal es el caso de los yacimientos diseminados, depósitos horizontales y cuerpos masivos.

Una operación minera a cielo abierto, además del tajo (que constituye propiamente la mina), incluye otras instalaciones necesarias para la operación como son las áreas para almacenamiento de material estéril (material que cubre al yacimiento mineral y que hay que remover necesariamente para extraerlo), caminos de acceso, planta de beneficio y áreas para talleres y zona de oficinas.

Dependiendo del tipo de mineral y grado de pureza del elemento (ley mineral), se determinarán los tipos de procesos de extracción y de separación.

3.1. Procesos de explotación del mineral

Al proceso que se lleva a cabo para extraer el mineral del yacimiento, se le conoce propiamente como explotación del mineral. Para esto, en primera instancia es necesario remover el material estéril (al cual también se le llama tepetate) que cubre al yacimiento mineral, para posteriormente iniciar con la extracción.

A medida que se va removiendo el material estéril y el mineral, se va configurando la forma del tajo, el cual toma la forma de un gran tazón a medida que se va profundizando la explotación. Para garantizar la estabilidad de los taludes del tajo, se configuran los bancos de mineral, lo cual le da a la mina la apariencia de anfiteatro (por su forma escalonada) cuya forma puede ir cambiando en la medida en que avanza la operación (Figura 3.1).



Figura 3. 1 Tajo abierto

FUENTE: Sociedad Nacional de Petróleo, Minería y Energía

El ciclo de operación en una mina de cielo abierto, empieza con la barrenación (perforación) de la roca y su posterior cargado con el explosivo. El uso del explosivo provoca el desprendimiento y fragmentación de la roca. Posteriormente la roca fragmentada se carga en camiones de gran capacidad utilizando palas eléctricas o hidráulicas, con excavadoras, para ser retirados, Figura 3.2 una vez retirado el mineral fragmentado, el área queda libre para iniciar nuevamente la barrenación. A medida que el tajo va creciendo se forman los bancos, que están conectados de un nivel a otro por medio de rampas y también hacia la superficie. Dado que las en minas a cielo abierto se mueven grandes volúmenes de material (material estéril y mineral) es necesario el uso de maquinaria y equipos de gran capacidad (Cuadro 3.1).

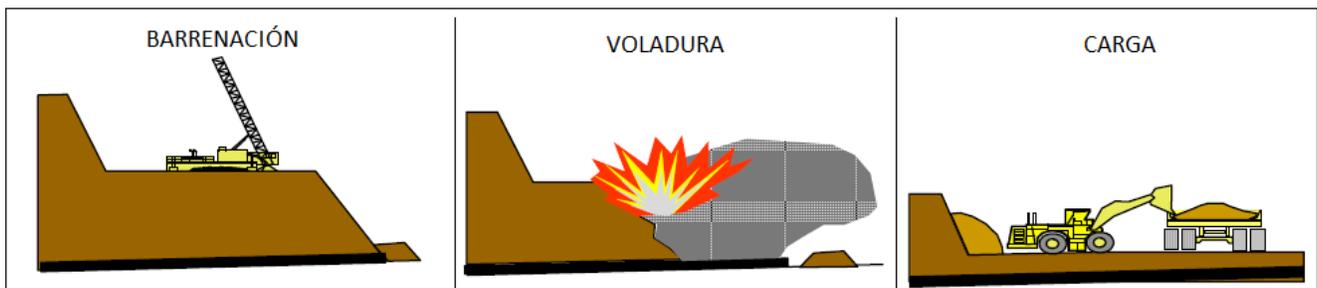


Figura 3. 2 Proceso de extracción a cielo abierto

FUENTE: Sociedad Nacional de Petróleo, Minería y Energía

El mineral obtenido en los bancos se transporta con los camiones a la planta de beneficio en donde se realiza la separación del mineral que tiene valor económico (mineral de mena) del que no lo tiene (mineral de ganga). El material estéril de la explotación (llamado también desmonte) se almacena a zonas cercanas a la mina y conforman lo que se llama terreros.

Cuadro 3. 1 Descripción general del proceso de explotación del mineral

Exploración	Actividad previa realizada para conocer la forma del yacimiento y la distribución de los minerales de mena
Barrenación	Consiste en la perforación de la roca para colocar los explosivos que al ser detonados fracturan el mineral
Voladura	Considera la detonación del explosivo colocado en los barrenos, el producto obtenido es el mineral fragmentado
Cargado	Es el uso de palas mecánicas para remover el mineral del banco y cargarlo en camiones
Acarreo del mineral	Consiste en el transporte de mineral con camiones hasta la planta de beneficio

3.2. Procesos de beneficio de minerales

Se llama proceso de beneficio al que se lleva a cabo en una unidad minera para separar los minerales o elementos de interés económico (mineral de mena) de aquel que no lo tiene (mineral de ganga). Propiamente es un proceso de concentración del cual se obtiene como producto un concentrado de mineral y un residuo que se envía a un depósito final llamado presa de jales.

Los procesos de beneficio pueden ser físicos y/o físico-químicos. Los procesos físicos utilizan las propiedades particulares del mineral para separarlo de la ganga, tal es el caso de los procesos de separación gravimétrica, separación magnética o separación por medio denso.

Los procesos químicos utilizan algún tipo de reactivo para separar el mineral de mena mediante una reacción que cambia la estructura química del mineral original. De este tipo de procesos es la amalgamación, que fue muy utilizada en la época de la Colonia para beneficiar los minerales de oro y la cianuración que hoy en día se utiliza para recuperar este mismo elemento. Actualmente los procesos físico-químicos son aquéllos en los que se modifican solo las condiciones superficiales del mineral para lograr su separación, no habiendo cambio en la estructura química del mismo. El proceso más usado de este tipo es la flotación para sulfuros minerales. A continuación se presenta una breve descripción de los métodos de beneficio más utilizados.

3.2.1. Procesos físicos

Los métodos de concentración de minerales existen desde que el hombre comenzó a realizar minería, unos de las operaciones más antiguas para el aprovechamiento de los metales fue el elemental método de gravimetría, que se basa en la mayor densidad de los elementos metálicos frente a los materiales de ganga o minerales.

Gravimetría

Esta operación se basa en la diferencia de densidad de los elementos contenidos en materiales heterogéneos, es decir que se basa en el mayor peso, influenciado por la fuerza de la gravedad, de un mineral con respecto a otros.

En el caso de la metalurgia del oro existen diversos equipos para realizar las operaciones de recuperación basado en principios gravimétricos, aunque siempre es importante la separación de las partículas gruesas de la finas, en el caso de los yacimientos aluviales se busca separar primero las rocas mediante uso de maquinaria como rieles, cedazos, zaranda estáticas o vibratorias. Estos métodos de concentración resultan ser muy rudimentarios y se utilizan en trabajos de pequeña escala.

Otros sistemas de recuperación gravimétrica se basan en el incremento de la gravedad por la aplicación de fuerza centrífuga, lo que multiplicado por la alta densidad de los metales preciosos permite que las densidades proyectadas tengan un mayor diferencial entre uno y otro elemento. Estos son los llamados equipos de medios densos, que viene a ser la fuerza aplicada a equipos de forma cónica, tales como los concentradores Falcon, Knudsen y Knelson que viene ser el más eficiente de todos en condiciones ideales.

Separación magnética

Este proceso físico depende de las propiedades magnéticas de los minerales. Generalmente se usan separadores magnéticos, estos pueden ser de baja intensidad para concentrar minerales ferro-magnéticos tales como la magnetita (Fe_3O_4), mientras que los separadores magnéticos de alta intensidad se usan para separar minerales paramagnéticos de su ganga. La separación magnética es un proceso importante en el beneficio de las menas de hierro, pero también encuentra aplicación en el tratamiento de minerales no ferrosos. Se usa ampliamente para extraer wolframita (FeWO_4) y hematita (Fe_2O_3) paramagnéticas de menas de estaño y encuentra considerable aplicación en el procesamiento de minerales no metálicos tales como los que se encuentran en depósitos de arena en las playas.

Separación por medio denso

El proceso de separación en medios densos consiste en separar sólidos en función de sus densidades usándose como medio un fluido de densidad intermedia, donde el sólido de densidad menor flota y el de densidad más alta se va al fondo (se hunde). Los medios densos usados son: líquidos orgánicos, solución de sales en agua y suspensiones de sólidos de granulometría fina en agua.

En un medio denso la separación es posible con menas en las que los minerales estén regularmente unidos. Si los minerales valiosos están finamente diseminados, no se puede desarrollar una diferencia apropiada de densidad entre las partículas trituradas por aplicación de chancado grueso. La separación en medio denso se divide en dos métodos básicos de separación: estáticos y dinámicos (Cuadro 3.2).

Cuadro 3. 2 Clasificación de los procesos de separación por medio denso

Separación estática	Separación dinámica
La separación estática se caracteriza por el uso de aparatos concentradores con recipientes de varias formas, donde la separación se realiza en un medio relativamente tranquilo bajo la influencia de simples fuerzas gravitacionales. La única fuerza actuante es la fuerza de gravitación.	La separación dinámica se caracteriza por el uso de separadores que emplean fuerzas centrífugas, las cuales pueden ser hasta 20 veces mayores que la fuerza de gravedad que actúa en la separación estática.
Teóricamente cualquier tamaño de partícula puede ser tratado por medio denso. Prácticamente, en la separación estática se trabaja en un rango granulométrico de 150 mm (6 pulg) a 6 mm (1/4 pulg), pudiéndose tratar tamaños de hasta 14 pulgadas.	En la separación dinámica el tamaño máximo que se puede tratar varía de 50 mm (2 pulg) hasta 18 mm (3/4 pulg), siendo el mínimo de 0,5 mm (28 mallas) a 0,2 mm (65 mallas).
La separación se realiza en estanques, tambores, vasos, conos.	Los equipos más importantes son los ciclones, no obstante existen otros equipos importantes como el Dyna-Whirpool y el separador Vorsyl.

FUENTE: Concentración gravimétrica, Osvaldo Pavez, 2011.

3.2.2. Procesos químicos

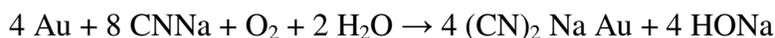
Amalgamación

Este método, muy utilizado en la época de la Colonia considera la alta densidad de los metales valiosos y las fuerzas de tensión superficial sobre la superficie del mercurio. Esta operación se basa, en una simple mezcla no homogénea de cualquier elemento metálico con el mercurio, metal que en condiciones normales de presión y temperatura es un líquido. Generalmente considera la alta afinidad del mercurio por el oro y la plata, aunque ciertamente es posible forzar amalgamación con otros elementos metálicos, tal como la formación de amalgamas para uso dental en la que actualmente se usa zinc, o la frotación del mercurio en bandejas de cobre como planchas amalgamadoras. Este fenómeno es más comparable con una mezcla agua tierra como es el caso de la formación de barro.

Actualmente este proceso se ha dejado de usar y ha sido sustituido por el proceso de cianuración, que ha resultado ser más económico y eficiente para minerales de baja ley.

Cianuración

La cianuración se basa en que el oro, la plata o distintas aleaciones entre estos, son solubles en soluciones cianuradas alcalinas diluidas, regidas por la siguiente ecuación:



Esta fórmula es conocida como la ecuación de ELSNER.

Las principales variantes de lixiviación son:

- Lixiviación por tanques.
- Lixiviación por percolación (en terreno o pilas).

3.2.3. Procesos físico – químicos

Flotación

Este tipo de procesos se basan en las características hidrofóbicas de ciertos componentes de los minerales (típicamente el azufre) a efecto de que al introducir aire se formen burbujas (flotación por espumas) y estas partículas de mineral se adhieran a las burbujas y floten a la superficie donde son extraídos como concentrados.

La flotación requiere del uso de reactivos, aunque inicialmente la flotación era una operación recomendada solo para minerales sulfurados hoy por hoy, y desde hace mucho, es posible flotar minerales oxidados debido a la aplicación y uso de reactivos que dan características hidrofóbicas a los elementos de interés en la mena.

Los principales reactivos a usar en las operaciones y procesos de flotación son, en forma genérica, los siguientes:

- Depresores: Son reactivos que inhiben a ciertos elementos a fin de que no floten durante la operación, es decir que se mantienen debajo de la línea de espuma. Este tipo de reactivos se usan en la flotación diferencial o selectiva, o simplemente para evitar que se sumen al concentrado elementos indeseables
- Colectores: Contrariamente a los depresores los colectores se usan a fin de que los elementos valiosos puedan adherirse a la superficie de las burbujas, de manera tal que sean justamente los elementos concentrados como producto.
- Espumantes: Este tipo de reactivos son aquellos que producen la espuma por el ingreso de aire, formándose burbujas lo suficientemente fuertes y estables.

En general los reactivos a usar, así como su dosificación, dependen de las características propias de cada mineral.

3.3. Estudio de un caso: proyecto de mina a cielo abierto

La parte experimental de la presente tesis consideró el proyecto de una mina a cielo abierto de la empresa *Consortio Minero “Benito Juárez”, Unidad Peña Colorada S.A. de C.V.*, empresa que brindó las facilidades y apoyo para el estudio. La mina está ubicada en el municipio de Minatitlán, Colima, en donde se realiza el procesamiento del mineral magnético magnetita para la obtención del hierro.

3.3.1. Consortio Minero “Benito Juárez” Peña Colorada

Historia

Hasta 1971 los yacimientos ferrosos de Peña Colorada, permanecieron inexplorados. Sin embargo, se dió impulso a la industria siderúrgica durante el régimen del Lic. Luis Echeverría Álvarez, iniciando el proyecto de Peña Colorada.

El proyecto consistió en la explotación a tajo abierto del yacimiento, con reservas positivas iniciales de 110 millones de toneladas y la construcción una planta de trituración, molienda y concentración en la que el mineral queda reducido a tamaño de arenas. Las instalaciones están ubicadas en el Municipio de Minatitlán, Colima. En la localidad de Tapeixtles en el municipio de Manzanillo, se ubica la planta de peletizado, donde el mineral es aglutinado en forma de pellet y sometido a un proceso de reducción química en un horno de sintetizado. Ambas plantas están unidas por un ferroaducto de 47.4 km que transporta mineral de hierro en forma de pulpa con agua. Este ferroaducto es el segundo construido, que ha revolucionado el transporte de minerales por su escaso costo y poco mantenimiento que requiere.

La obra de Peña Colorada propició la construcción de la carretera de Manzanillo a Minatitlán, la introducción de energía eléctrica a este municipio y de otros servicios como el teléfono y el telégrafo.

La inversión requerida por el proyecto fue de 711 millones de pesos y provino de diferentes fuentes: 268 millones de pesos correspondieron al capital social y 443 millones de pesos fueron créditos tanto internos como del exterior.

Se inició la producción en 1975 y la meta fue producir 1 200 000 toneladas de pellets (aglomeración de un concentrado de mineral de hierro muy fino y un aglutinante, con un tamaño entre 9 y 16 mm). La producción real obtenida ascendía a 1 171 161 toneladas, o sea el 97.5 % de la producción prevista. A partir de entonces, los objetivos de producción han sido cada vez mayores y en 1977 se fijó la meta de producir 1 500 000 toneladas de pellets, o sea el 100% de la capacidad nominal instalada en la planta peletizadora. Actualmente Peña Colorada está conformada por Ternium y Mittal (empresas productoras de acero), cada una con 50% de las acciones respectivamente.

3.3.2. Descripción de la actividad

Peña Colorada tiene una capacidad de producción de 8.5 millones de toneladas de mineral de hierro triturado por año, su producción actual es de 4 millones de toneladas por año. Está formada por dos unidades productivas, la mina, localizada en el municipio de Minatitlán, donde se lleva a cabo la explotación y la concentración del mineral de hierro, y la planta de peletizado, que se ubica en el municipio de Manzanillo y donde, a partir del concentrado de magnetita, se producen pellets que constituyen el producto final del proceso y los cuales sirven de materia prima para la fabricación del acero en la industria siderúrgica (Figura 3.3 y 3.4).

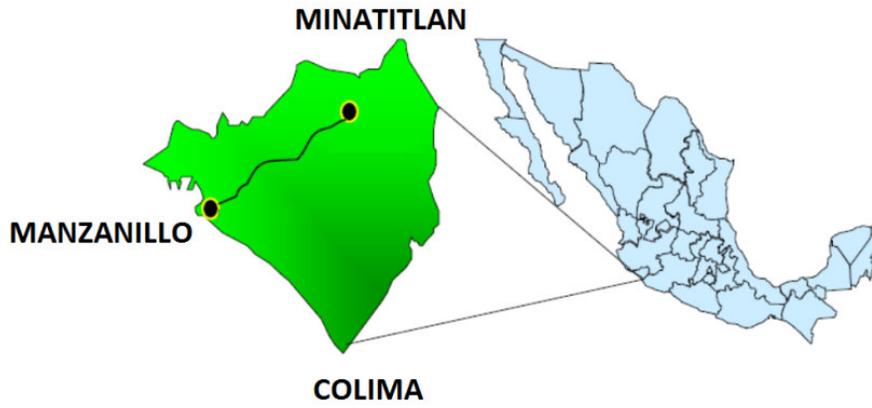


Figura 3. 3 Ubicación de la mina y la planta de peletizado de Peña Colorada
Fuente: Peña Colorada



Tajo de la mina a cielo abierto



Planta peletizadora

Figura 3. 4 Vistas panorámicas
Fuente: Peña Colorada

En su estado natural el hierro, se encuentra principalmente como dos especies mineralógicas; la hematita (Fe_2O_3) y la magnetita (Fe_3O_4). En Peña Colorada, el mineral que se aprovecha en el proceso es la magnetita. En la mina se explota un yacimiento de hierro que cuenta con el 30% de las reservas totales en el país. El proceso o sistema de producción se describe a continuación:

Exploración

- Trabajos para conocer el tamaño del yacimiento, su forma y la distribución del mineral de interés

Explotación

- Trabajos realizados para la fragmentación y desprendimiento del mineral a partir del yacimiento

Extracción

- Cargado del mineral en camiones y acarreo desde la mina hasta la planta de beneficio

Trituración

- Primera etapa del proceso de beneficio que consiste en la fragmentación del mineral por medios mecánicos para reducir su tamaño

Preconcentrado

- Consiste en separar el mineral por medio de poleas magnéticas y el mineral del proceso se aparta del material estéril (terreros)

Molienda

- Etapa para reducir el tamaño del mineral hasta un tamaño de arenas. El proceso se conforma por un molino autógeno y dos molinos de bolas, así como una batería de ciclones para la clasificación del mineral

Concentración

- Es la etapa del proceso donde se separa la magnetita mediante el uso de tambores magnéticos

Ferroaducto

- Son dos tuberías metálicas que transportan pulpa formada por el mineral de hierro concentrado y agua, de la planta de beneficio hasta la planta de peletizado. Aprovechando la diferencia de altitudes, (conducción a gravedad).

Peletizado

- En la planta se recibe la pulpa y se convierte en pellets, éstos se introducen al horno de sinterizado para que se lleve a cabo la reducción química. El producto final es un pellet cocido que se embarca para ser utilizado como materia prima en la fabricación de acero

En la planta de peletizado, a la pulpa que llega de la mina se le remueve el agua y el mineral de hierro se aglomera en discos rotatorios para formar pellets. Los pellets pasan al horno de cocción donde se lleva a cabo un proceso de reducción y endurecimiento. Finalmente, se hace una clasificación por tamaño y se separa el producto final del pellet con un tamaño entre 6 y 10 mm de diámetro. El producto final se almacena en los patios de la planta y se embarca a la Siderúrgica Lázaro Cárdenas en Michoacán (PIQAYQA 1992) (Figura 3.5).



Exploración



Explotación



Extracción



Trituración



Pre concentración



Molienda



Molino Autógeno



Molino de Bolas



Poleas



Ferroductos



Peletizado

Figura 3. 5 Imágenes del sistema de producción de Peña Colorada

Fuente: Peña Colorada

3.3.3. Presa de Jales

En las operaciones primarias de separación y concentración de los minerales con valor comercial, no obstante los beneficios económicos producidos, se generan residuos denominados jales. Los jales generados en la operación de la mina Peña Colorada se acumulan en la denominada Presa de Jales que ocupa una superficie de aproximadamente 139 hectáreas, ubicada a unos 2.7 km de la planta de beneficio (Figura 3.6).

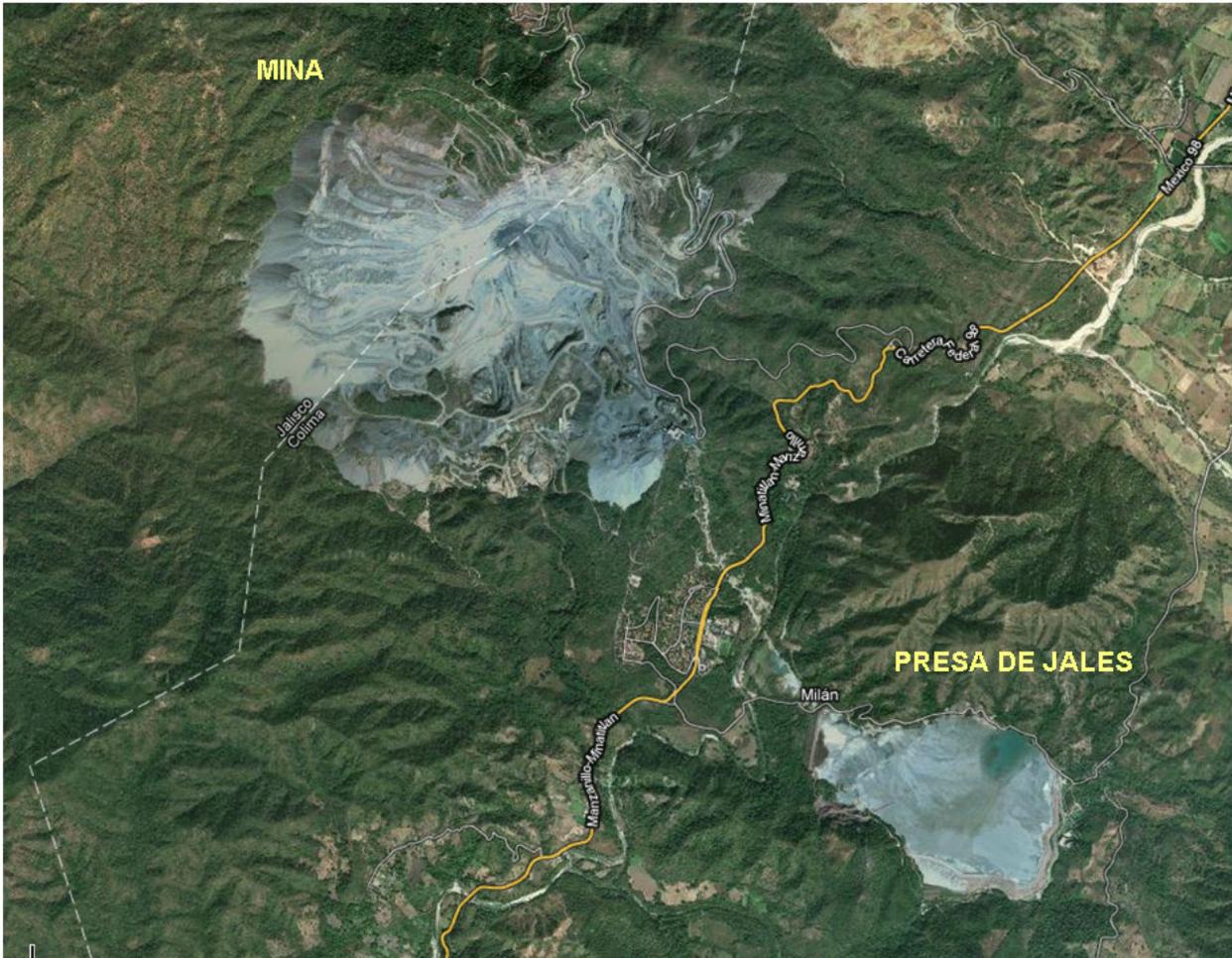


Figura 3. 6 Ubicación de la presa de Jales
Fuente: Peña Colorada

4. Identificación de impactos ambientales típicos

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades económicas, produce alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que representan impactos considerables sobre el medio en que se desarrollan.

El impacto ambiental de una actividad es la diferencia existente entre la calidad ambiental existente en el momento en que la actividad comienza y la calidad ambiental medida en un tiempo posterior determinado. En la actividad minera se generan varios tipos de impactos, dependiendo del tipo de mina, ya sea a cielo abierto o subterránea, y el tipo de material a extraer (oro, plata, hierro etc.).

La minería, que hace algunos años no se percibía como un factor de riesgo para el futuro de la humanidad, actualmente se contempla con gran preocupación y los abusos cometidos han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular sus impactos. De cualquier manera, la humanidad necesita y depende de los recursos mineros y también los necesitará en el futuro.

Actualmente existe normatividad muy estricta para mitigar el impacto que puede generar una explotación minera, que incluye reglamentación de la composición de los vertidos líquidos, de las emisiones de polvo y ruido, de restitución del paisaje, etc., que si bien resulta muy difícil de cumplir por el alto costo económico que representa, indudablemente ha de ser asumida para llevar a cabo la explotación.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la actividad minera no solo produce impactos en los medios físico y biológico sino también en el medio socioeconómico, que da como resultado una modificación de los modos de vida y de la economía de la región en la que se implanta dicha actividad, que en unos casos pueden ser benéficos y en otros, adversos.

4.1. Impactos en la calidad del aire

La minería produce efectos en los distintos factores ambientales, entre ellos los concernientes a la calidad del aire. Estos efectos no son tan importantes en términos volumétricos como los que producen otros procesos industriales, el tráfico o la actividad urbana, pero indudablemente la minería puede generar problemas de consideración. Este tipo de impacto se genera por la emisión a la atmósfera de partículas sólidas (polvo, fundamentalmente durante las voladuras, pero también durante la carga y el transporte), gases (pirometalurgia, escapes de vehículos, gases liberados durante algunos procesos concretos), ruidos (voladuras, maquinaria) y onda aérea.

4.1.1. Partículas sólidas

El polvo emitido por la minería tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte (camiones pesados), Figura 4.1.



Figura 4. 1 Emisión de partículas sólidas a la atmósfera por acarreo de material
FUENTE: Curso de Minería y Medio Ambiente, Higuera Pablo, (2002)

En el primer caso, el origen del polvo, a su vez, puede ser variado:

- Puede ser producido durante una voladura. Si la voladura es generada en una mina subterránea, se emitirá a la atmósfera a partir de uno o varios puntos definidos como las chimeneas de ventilación y los pozos de circulación de aire. Si procede de explotaciones a cielo abierto, provendrá de todo un frente de explotación, más o menos extenso (decenas de metros de longitud). En cualquier caso, es prácticamente imposible evitar su emisión, puesto que afectará, por principio básico, a roca seca, sin posibilidad de un humedecimiento rápido que evite la dispersión. Solo en la minería subterránea podría evitarse su salida, mediante filtros en los puntos de salida. La composición de este polvo será la misma que la de la roca volada, con lo que a menudo se tratará de roca con componentes minerales oxidables, con metales pesados, etc., (Figura 4.2).



Figura 4. 2 Ejemplo de una voladura a cielo abierto de la Mina Riotinto, España

FUENTE: <http://www.foro-minerales.com>

- Puede ser el polvo generado durante el proceso de carga. En este caso es simplemente el riego de material de los frentes de carga durante el proceso y su composición es la misma que en el caso anterior de la voladura (la mineralización y/o roca) (Figura 4.3).

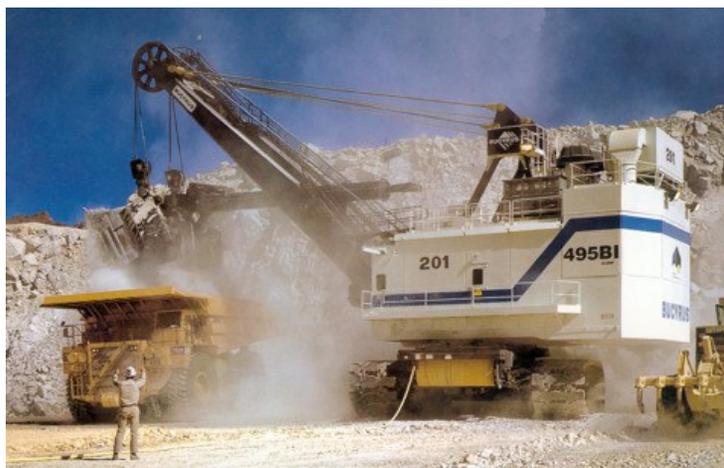


Figura 4. 3 Pala cargadora de la Mina La Alumbraera, Argentina

FUENTE: <http://www.catamarcaguia.com.ar>

- Otra posibilidad corresponde al polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que pueda escaparse del elemento de transporte (camión o cinta transportadora, fundamentalmente) y polvo levantado por el medio de transporte (solo en el caso de los camiones). En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes de la pista, aunque en ambos casos es relativamente sencillo evitar parcialmente el problema cubriendo adecuadamente la caja del camión (problemático en los de mayores dimensiones), o regando la carga, así como mediante el riego continuo de la pista de rodadura. En el caso de las cintas, hay que trabajar también con material humedecido, o recurrir a instalaciones de mayor costo para cerrarlas y evitar los escapes de polvo (Figura 4.4).

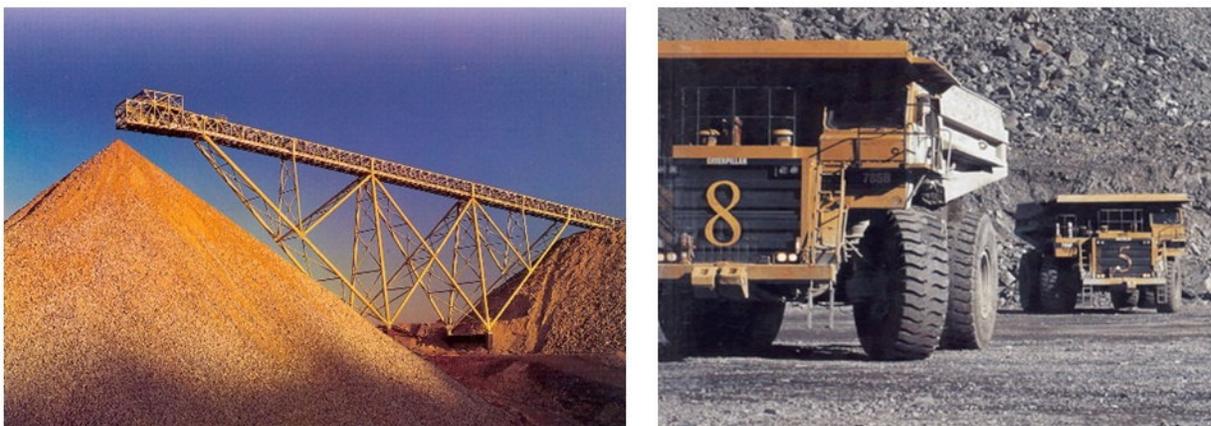


Figura 4. 4 Procesos de transporte de viga (Mina La Alumbrea, Argentina) y camión (Mina Antamina, Perú)
FUENTE: <http://www.catamarcaguia.com.ar>

- Otra fuente muy importante de polvo son los procesos de molienda. Aquí es fundamental disponer de una instalación adecuada que evite en lo posible los escapes de polvo, puesto que no suele ser posible trabajar con material húmedo, al menos en las instalaciones convencionales.

4.1.2. Gases

Las emisiones mineras de gases a la atmósfera pueden ser de varios tipos:

- Gases de combustión de la maquinaria implicada en el proceso minero. Son los gases habituales ligados a la combustión de hidrocarburos: gasolinas, diesel, pero que al implicar a maquinaria pesada, suelen ser de gran volumen. En algunos casos, se minimiza a través de la utilización de grandes equipos eléctricos, con el inconveniente de su menor autonomía (dúmpers tipo trolebús, palas eléctricas, LHDs). En otros casos, el problema se puede minimizar a través de un mantenimiento adecuado de los motores, para disminuir en lo posible las emisiones.
- Gases liberados durante el proceso de extracción. Los más comunes son los que se liberan en la explotación del carbón, fundamentalmente CO_2 y CO y el famoso grisú, mezcla altamente explosiva de metano y aire. También entran en esta categoría los gases contenidos en las aguas que se explotan para la obtención de energía geotérmica, aunque puede haber otros, correspondientes a gases contenidos en determinadas mineralizaciones, siempre en cantidades poco significativas, por lo general.
- Gases implicados en las voladuras. Son consecuencia de la ignición del explosivo, aunque su volumen no suele ser tan importante como para producir efectos de consideración.
- Gases implicados en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón (CO_x , NO_x , SO_x), pirometalurgia (SO_2).

4.1.3. Aerosoles

Como ya se ha indicado, la formación de aerosoles cargados en compuestos que puedan representar un riesgo ambiental puede darse durante la explotación, pero sobre todo, durante procesos de hidrometalurgia. Estos procesos implican el riego por aspersión de pilas de mineral con compuestos a menudo de alta toxicidad (ácido sulfúrico para la extracción de algunos elementos, como el cobre; cianuro para la extracción del oro), con lo cual la presencia de viento puede favorecer la dispersión de estos aerosoles a grandes distancias. Actualmente se empiezan a emplear sistemas de riego que evitan este fenómeno: sistemas tipo “gota a gota”, a través de conducciones internas de la pila de lixiviación, más que mediante riego por aspersión.

4.2. Impactos en el nivel de ruido

El ruido es otra forma de contaminación: la contaminación acústica. Los efectos que puede llegar a producir son los siguientes:

- a) Efectos sobre las personas:
 - a. Fisiológicos, como la sordera que se produce en personas sometidas a fuertes niveles de ruido durante tiempos prolongados.
 - b. Psicológicos, provocados por la interferencia sobre las comunicaciones y el descanso.
 - c. Empeoramiento de las condiciones de trabajo, con el consiguiente aumento del riesgo de accidentes y disminución del rendimiento.
 - d. Efectos subjetivos, provocados por la molestia que produce estar sometido a ruidos.
 - e. Sobre la salud: el ruido puede provocar desorganización visual, taquicardias, e incluso puede afectar a los procesos digestivos.

- b) Efectos sobre la fauna:
 - a. Sobresaltos y movimientos bruscos provocados por ruidos intensos y puntuales.
 - b. Alteración de las costumbres de apareamiento (ruidos durante la época del celo).
 - c. Abandono de nidos durante la cría por parte de los progenitores.

La minería contribuye a este tipo de contaminación mediante diversos mecanismos:

- Voladuras: Las explosiones producen un ruido de intensidad muy alta, aunque de escasa duración.
- Tráfico pesado: Los vehículos implicados en la minería a cielo abierto producen ruidos continuos de cierta intensidad.
- Otra maquinaria: La maquinaria de preparación de minerales (plantas de flotación, fundamentalmente) es también a menudo fuente de ruidos importantes.

- Otros ruidos. En determinados casos pueden existir otras fuentes de ruido: martilleo en cantería, corte con lanza térmica, etc.

Del ruido generado por las voladuras, el trabajo continuo de maquinaria, camiones, tractores, excavadoras, etc., los que más sufren de sus efectos son los propios trabajadores de la cantera que por su seguridad deben tomar medidas de protección. También puede ser un factor importante si la operación minera se realiza cerca de núcleos urbanos, porque la lejanía de las minas con respecto a los núcleos de población hace que los ruidos sean notorios o que lleguen muy amortiguados o imperceptibles por la distancia.

4.3. Onda aérea

La onda aérea se produce como consecuencia de las explosiones de las voladuras, y es una onda de presión generada por la energía de rotura de ésta, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando las vibraciones que se manifiestan fundamentalmente en los cristales (Figura 4.5).

Como medida de prevención, y siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan, se puede diseñar la explotación de forma que parte de la topografía original se preserve, creando un efecto pantalla frente a este efecto, así como con respecto al ruido.

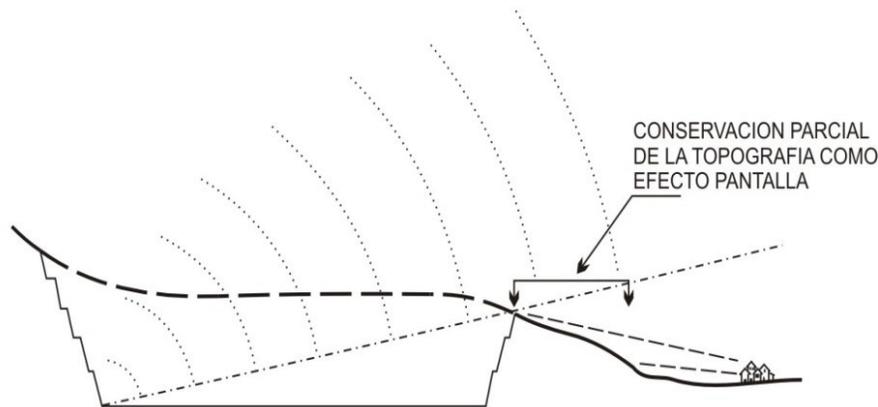


Figura 4.5 Efecto pantalla para control de ruido y onda aérea
FUENTE: Curso de Minería y Medio Ambiente, Higuera Pablo

4.4. Impactos en la calidad del agua superficial y subterránea

Al igual que sobre el aire que compone la atmósfera, la minería puede tener efectos de consideración sobre los cuerpos de agua. La minería en base a ciertas condiciones puede producir efectos importantes de contaminación en ríos, aguas subterráneas, acuíferos y aguas de mares semicerrados (p.ej., Mediterráneo, Caspio), y en menor medida sobre los océanos mayores, debido al enorme volumen de agua que contienen, (Figura 4.6).

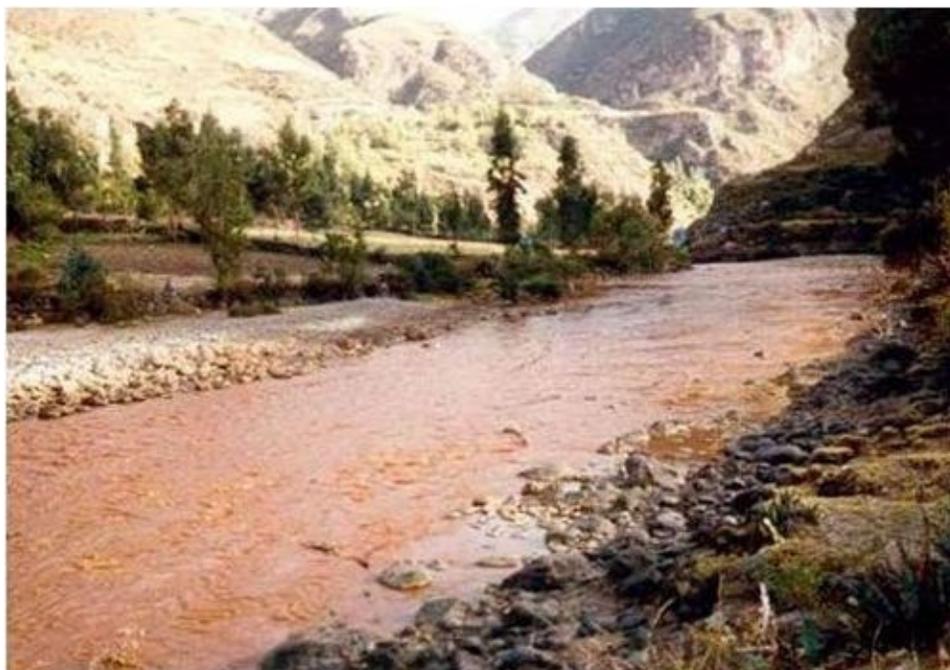


Figura 4. 6 Vista del río Lircay en Huancavelica (Perú) contaminado por jales mineros
FUENTE: <http://www.planteamientosperu.com/2010>

La minería, como cualquier otro proceso industrial, ocasiona una alteración de los cauces, originando importantes cambios en el balance de agua debido a la modificación del suelo y la vegetación (implica una mayor capacidad erosiva) o el uso de la misma para el proceso de beneficio. Los problemas en la calidad del agua en varios aspectos son:

- Por la propia naturaleza de los materiales explotados, por ejemplo los metales (Cu, Zn-(Cd), Hg, etc.) y aniones asociados (sulfatos, carbonatos, etc.).
- Uso de técnicas de lixiviación en pila (*heap leaching*) de metales, donde el agente lixivante puede ser el ácido sulfúrico (para el cobre) o el cianuro de sodio (para el oro) (Figura 4.7).
- Usos del agua empleados en procesos post-mineros (lavado por flotación, diques, etc.).
- Inadecuado manejo del almacenamiento o transporte de insumos (como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos).
- Contaminación debida a factores indirectos que consisten en el arrastre de partículas por el viento u otros mecanismos hacia los cuerpos de aguas más o menos alejados de la explotación.
- Problemas operativos que incluyen la pérdida de control de los compuestos químicos.
- Problemas con la tubería, derrames, fugas, uso inadecuado o mal mantenimiento de equipos utilizados en el proceso de extracción.

En cualquier caso, los efectos de la minería sobre las aguas se traducen en:

- Movilización de partículas sólidas, ya sean procedentes del arrastre por las aguas superficiales de polvo de la presa de jales, o terreros, o traídas hasta la superficie por el agua de lluvia, a partir de las partículas en suspensión se puede provocar una elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona (Figura 4.7).
- Adición de sales al agua, ya sea por procesos ‘naturales’ (disolución de minerales), o por mecanismos industriales (vertido de aguas de plantas de flotación u otro tipo).
- Adición de metales pesados a las aguas. Naturalmente, la minería metálica pone a disposición de los agentes externos unos elementos metálicos que pueden movilizarse hacia las aguas por la formación de compuestos solubles, o bien por mecanismos de ‘sorción’ en la fracción sólida arrastrada por el agua.
- Cambio del pH de las aguas. Especialmente significativa es la acidificación, consecuencia de la oxidación e hidrólisis de sulfuros con formación de sulfatos y sulfatos ácidos (drenaje ácido), Figura 4.7.



Detalle de los sedimentos arrastrados de la planta de tratamiento de minerales de cobre de Panulcillo



Cianuración en pila en las instalaciones de la mina El Soldado



Drenaje ácido cerca de la planta de tratamiento de minerales de cobre de Panulcillo

Figura 4. 7 Casos de contaminación en cuerpos de agua por la actividad minera (Chile)

FUENTE: Curso de Minería y Medio Ambiente, Higuera Pablo

La minería también produce impactos en las aguas subterráneas (Figura 4.8). La presencia de agua en la mina, sobre todo a ciertas profundidades, constituye un problema que solamente puede resolverse produciendo de forma controlada un descenso del nivel de los acuíferos de la zona, para que queden por debajo del nivel de trabajo. Ello puede implicar la desecación de pozos próximos, a distancias variables en función de la litología de las rocas que constituyan cada acuífero. Si se trata de rocas poco permeables, el problema afectará solamente al entorno inmediato de las labores, pero si se trata de rocas muy porosas y permeables, el problema puede alcanzar distancias considerables. También podrá afectar a los parámetros físico-químicos del agua, pues a menudo por el fondo de la explotación a cielo abierto se podrán infiltrar aguas afectadas por la problemática específica de cada mina: turbidez (siempre), cambios composicionales, de acidez, de condiciones redox, etc.

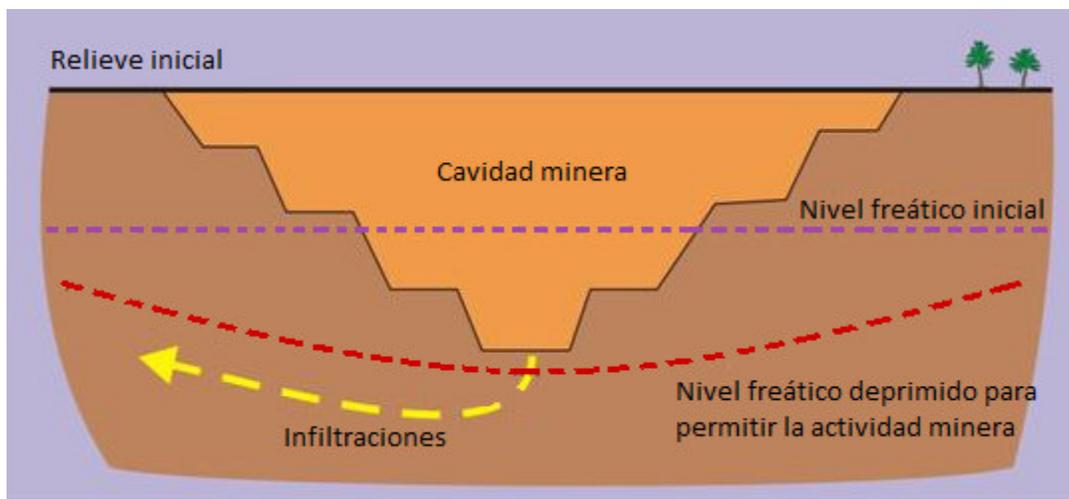


Figura 4. 8 Esquema de las posibles afectaciones de una mina a cielo abierto a las aguas subterráneas: depresión del nivel freático e infiltración de contaminantes

FUENTE: Curso de Minería y Medio Ambiente, Higuera Pablo

Las aguas subterráneas son afectadas (mediante filtración) por aguas contaminadas que contienen elementos tóxicos como aceite, reactivos, sales minerales que provienen de las pilas o de botaderos de productos sólidos residuales, así como las aguas de lluvia que están contaminadas con contenidos de dichos botaderos, o aguas provenientes de las pilas o de la presa de jales. Además, puede haber un descenso en los niveles de estas aguas subterráneas cuando son usadas como fuente de abastecimiento de agua fresca para operaciones de tratamiento de minerales.

Las presas de jales se convierten en peligrosos focos de contaminación para las aguas superficiales y subterráneas, produciéndose pérdida de su calidad por procesos de salinización, alcalinización, incremento de la turbidez, concentraciones anómalas de metales pesados, debido a que modifican las condiciones de pH y conductividad de las aguas con su consiguiente influencia sobre la solubilidad de muchos elementos, especialmente, de los de carácter metálico, por último el descenso del nivel freático y el deterioro de la calidad de las aguas subterráneas.

4.4.1. Drenaje ácido de mina

Sin duda, el mayor problema que representa la minería frente a las aguas es la formación del denominado drenaje ácido de mina (“*acid mine drainage*”, AMD), que consiste en la emisión o formación de aguas de gran acidez, por lo general ricas en sulfatos, y con contenidos variables en metales pesados como Pb, Zn, Cu, As, Cd, etc.

Los principales focos productores de AMD en las explotaciones mineras son los drenajes de las minas subterráneas, por bombeo en las minas activas y por gravedad en las abandonadas, las escorrentías en la minería a cielo abierto y los lixiviados de las presa de jales y residuos mineros (Figura 4.9).



Figura 4. 9 Aguas con drenaje ácido procedente de la antigua minería de San Quintín (España)
FUENTE: http://www.meipi.org/sqmineroambiental.meipi.php?open_entry=18

El drenaje ácido de la mina puede emanar desde diferentes actividades y lugares. Entre ellos:

- Trabajos en la superficie y subterráneos.
- Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora).
- Sitios de acopio de estériles provenientes de la molienda u otro.
- Desechos provenientes de embalses de relave, flotación, entre otros.

El ácido es generado en las instalaciones mineras cuando los sulfuros metálicos minerales son oxidados. Los sulfuros minerales están presentes en el interior de las rocas asociados con diferentes metales. En forma natural, la oxidación de estos minerales y la formación de ácido sulfúrico corresponden a procesos de oxidación de los metales.

Los procesos de extracción asociados a la actividad minera incrementan el grado de estas reacciones químicas debido a la movilización de grandes volúmenes de materiales, y al incrementar el área de exposición de las rocas al aire y al agua.

Los problemas ambientales asociados al drenaje ácido son variados y dependen del componente del medio ambiente en que se emplacen pero, en general, perduran en el largo plazo. Entre los efectos específicos de la acidificación de los cursos de agua se encuentran la interrupción del crecimiento y reproducción de fauna y flora acuática, daño a los ecosistemas (cadenas tróficas, comunidades, otros), en algunos casos contaminación de las fuentes de agua potable, y efectos corrosivos en las bases de los puentes, (Figura 4.10 y 4.11).



Figura 4. 10 Rio San Sebastián contaminado por drenaje ácido como resultado de una mina de oro abandonada desde hace ya 25 años (Guatemala)

FUENTE: <http://www.resistencia-mineria.org/espanol/?q=node/278>



Figura 4. 11 El Rio Tinto (España) muestra sus aguas rojas que se caracterizan por su pH de 2.2 con alto contenido en metales pesados (cobre, cadmio, manganeso etc.)

FUENTE: <http://viajarsinprisa.net/rio-tinto-huelva/>

Es necesario mencionar que en algunos casos de minería y en base al tipo de proceso de beneficio aplicado, mas la suma de algunos factores externos (urbano u otras industrias), las emisiones gaseosas suelen ser ricas en SO_2 - SO_3 , lo que implica, la formación de la denominada “lluvia ácida”, cargada en ácidos fuertes como el sulfúrico o el sulfuroso. La lluvia ácida puede producir efectos en función de la alcalinidad del suelo produciendo una acidificación, que degrada y oxida la materia orgánica, reduciendo considerablemente su productividad agronómica y forestal.

4.5. Impactos en el suelo

El suelo se forma como consecuencia de la interacción entre las rocas del sustrato continental y la atmósfera. Es por principio, el sitio donde van a parar gran parte de los desechos sólidos y líquidos de cualquier actividad humana y es el receptáculo de los desechos no deseables de origen geológico, por ejemplo, el drenaje ácido.

El suelo sufre de forma directa las consecuencias de la actividad minera: 1) es removido para llevar a cabo la minería a cielo abierto; 2) sobre él se realizan las actividades de transporte; 3) sobre él se ubican las presas de jales; y 4) recibe los efluentes líquidos que se infiltran en el terreno, entre otras perturbaciones como la erosión de los terrenos cercanos al área de la mina, etc. (Figura 4.12).



Figura 4. 12 Modificaciones generadas al suelo por la actividad minera
FUENTE: <http://www.codaven.com/detalleVideos.php>

La minería en su conjunto produce toda una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de una forma u otra van a parar al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas, traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero, como las aguas provenientes de minas a cielo abierto, presa de jales, etc., o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: presa de jales, terreros, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso.

Por su parte, los vertidos o efluentes líquidos que llegan al suelo pueden tener efectos muy variados en función de su composición. La disposición de elementos mineros sólidos sobre el suelo puede tener sobre éste varios efectos:

- Las escombreras o presas de jales pueden inducir la infiltración de aguas de lixiviación, contaminándola en función de la naturaleza del mineral presente en la escombrera en cuestión. Por ejemplo, mientras hay minerales fácilmente lixiviables (p.ej., pirita, esfalerita), otros son mucho más estables (p.ej., galena). De esta manera, es más fácil introducir en las aguas Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} que Pb^{2+} . Otro efecto es el de recubrimiento, que evita la formación y acumulación de la materia orgánica, y el intercambio de gases con la atmósfera.
- De los procesos derivados de la lixiviación en pila (*heap leaching*), comúnmente utilizados para la extracción metalúrgica de uranio, cobre y oro, el mineral triturado es dispuesto en agrupamientos rectangulares de unos metros de altura sobre bases impermeables (pilas). Aunque en todos los casos se utilizan láminas impermeables de elevada resistencia mecánica, bajo las pilas las infiltraciones son siempre posibles. Por otra parte, el viento puede formar aerosoles, arrastrándolo a las áreas más alejadas (Figura 4.13).



Figura 4. 13 Ejemplo de una pila de cianuración en las instalaciones de la mina El Soldado (Chile)

FUENTE: http://www.aulados.net/Temas_ambientales.htm

- Los talleres para el mantenimiento de equipo y maquinaria en la mina tienen un mayor potencial contaminante, derivado de la presencia de hidrocarburos en grandes cantidades: depósitos de combustible, aceites, lubricantes, etc., cuyo vertido accidental es bastante común, y tienen una gran facilidad de flujo y de infiltración en el suelo (Figura 4.14).
- Otros edificios mineros (lavaderos, polvorines, oficinas, etc.) pueden producir efectos en función de factores diversos como la existencia de instalaciones anexas, empleo de reactivos tóxicos y las condiciones de almacenamiento de éstos, etc.

- En definitiva, la minería puede producir sobre el suelo alteraciones de carácter físico, físico-químico y químico, que en general ocasionan su infertilidad, o en el peor de los casos, mantienen su fertilidad pero permiten el paso de los contaminantes a la cadena alimenticia, a través del agua, o de la incorporación de los contaminantes a los tejidos de animales o vegetales comestibles.
- Los suelos que quedan tras una explotación minera están deteriorados y presentan graves problemas para el desarrollo de una cubierta vegetal, siendo las principales características una clase textural desequilibrada, presencia de erosión en los alrededores del área de mina, desequilibrio de nutrientes y contaminación debido a la presencia de posibles elementos tóxicos como los jales.



Figura 4. 14 Retroexcavadora retirando suelo contaminado del taller La Encantada (Colima)
FUENTE: Reporte Peña Colorada

4.6. Impactos en el paisaje

La actividad minera transforma radicalmente el entorno, modificando las formas naturales del terreno, apareciendo pendientes muy pronunciadas e incluso una gran frecuencia de paredes verticales, dando lugar a la destrucción o a una modificación significativa de la cobertura vegetal; esta alteración puede causar peligro de derrumbes en frentes de arranque y destrucción de bienes culturales, un ejemplo es en la ciudad de Huelva, pueblo con historia minera de cobre en España (Figura 4.15).

El suelo puede sufrir un cambio de coloración, frecuentemente hacia tonos más rojizos, causado por una mayor oxidación que presentan los suelos de la zona. La generación de grandes volúmenes de materiales estériles obliga a la acumulación (se apila y se deja al descubierto) con la correspondiente ocupación de

terrenos y alteración del paisaje. Estos materiales son inestables por su falta de cohesión, lo que les expone fácilmente a la erosión y arrastre por las aguas y por el aire (Figura 4.16).



Figura 4. 15 Alteración cronológica del suelo y del paisaje generado por una explotación minera
FUENTE: <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=4432>

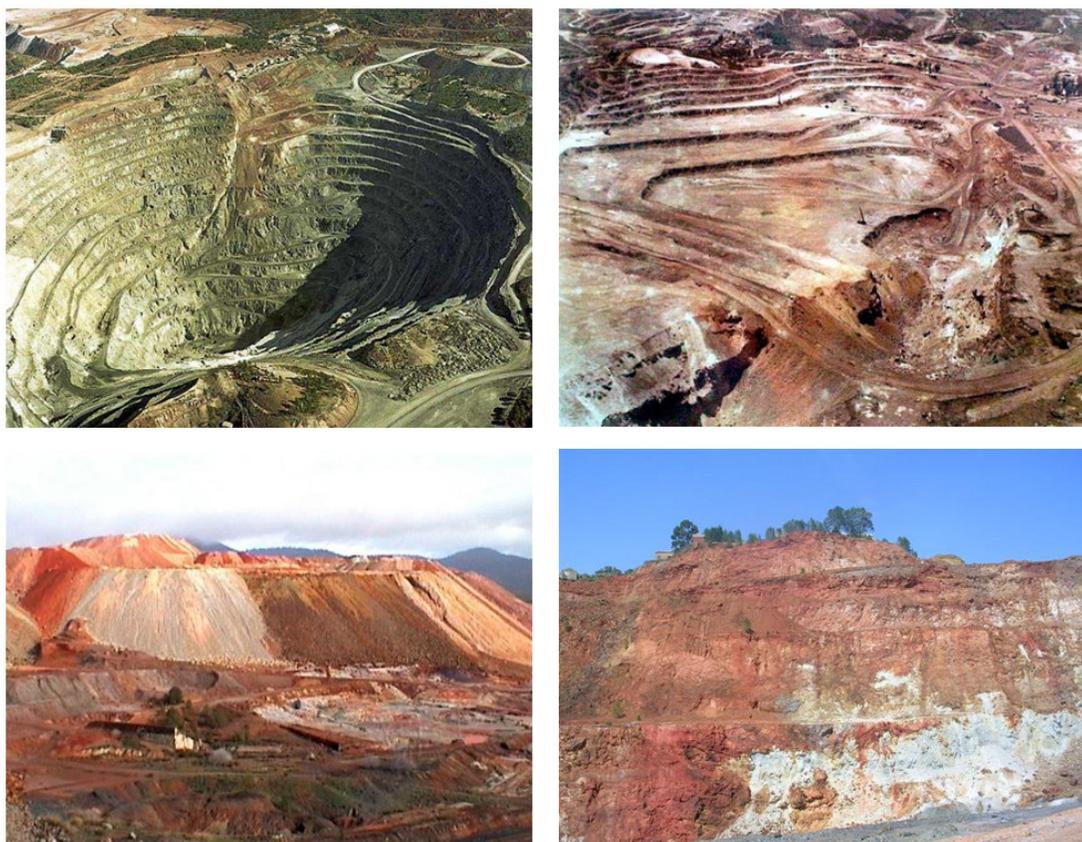


Figura 4. 16 Minas de cobre abandonadas en la Ciudad de Huelva, España
FUENTE: <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=4432>

4.7. Impactos en flora y fauna

Los impactos más importantes son debidos a la eliminación o alteración de los hábitats de muchas especies, la ruptura de las cadenas tróficas, así como la introducción de sustancias nocivas en la biosfera.

4.7.1. Flora

El impacto sobre la flora consiste en la eliminación de la vegetación en el área de las operaciones mineras, así como una destrucción parcial o una modificación de la flora en el área circunvecina, debido a la alteración del nivel freático. También puede provocar una presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden verse destruidos por el proceso de explotación o por la expectativa de que éste tenga lugar.

4.7.2. Fauna

La fauna se ve perturbada y/o ahuyentada por el ruido y la contaminación del aire y del agua, así como por la elevación del nivel de sedimentos en los ríos. Además, la erosión de los residuos estériles puede afectar particularmente la vida acuática. También puede darse el envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación (Figura 4.17).



Figura 4. 17 Ganado afectado por descargas de agua contaminada al río Tonaya por la Minera Tapalpa (Colima)
FUENTE: <http://jalisco.milenio.com/cdb/doc/noticias2011>

4.8. Impactos sociales y económicos

Los impactos sociales de los proyectos de la minería a gran escala son controversiales y complejos. El desarrollo minero puede crear riqueza pero también afectaciones (Figura 4.18). Es necesario hacer hincapié que cada operación minera tiene diferentes condiciones (clima, vegetación, tipo de mineral a

extraer, tipo de proceso de beneficio, etc.) donde se pueden presentar diferentes alteraciones en cada una de ellas. Los proyectos mineros proponen la creación de empleos directos e indirectos, apoyo de una infraestructura adicional (caminos, escuelas) y aumento en las demandas de bienes y servicios en zonas empobrecidas y remotas, pero los costos y beneficios pueden ser distribuidos sin equidad.



Figura 4. 18 Debido a la magnitud de las explotaciones y la necesidad de ubicar éstas en el lugar del yacimiento, la minería a cielo abierto tiene un fuerte impacto sobre el entorno humano

FUENTE: <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?t=4432>

Las principales consecuencias más comunes en un proyecto minero para la explotación son:

- a) La necesidad de reubicar a los habitantes de la zona al ser explotada, esto es generalmente cuando la población está ubicada sobre el yacimiento. La explotación exige también de vías de transporte y de comunicación. Las repercusiones sociológicas y culturales, son especialmente significativas cuando la población se encuentra arraigada en un espacio vital reducido o está apegada a sitios sagrados o de importancia religiosa, así como a estructuras tribales, soberanías territoriales, etc.
- b) Conflictos relacionados con el uso del suelo que surgen a menudo cuando existen explotaciones agrícolas y forestales en el terreno a ser explotado o cuando se encuentran en él monumentos culturales importantes, zonas de recreo, etc., que serían destruidos o afectados por la explotación minera, la cual trae como consecuencia la pérdida de terrenos, debido entre otras cosas a su extensión de la mina. (Figura 4.19).
- c) Cambios en el microclima. Como se vio en este capítulo, los cambios ocasionados por la actividad minera al medio genera cambios en el microclima, provocando una multiplicación de agentes patógenos si no se cuenta con un adecuado control sanitario con la formación en charcos y áreas cubiertas por aguas estancadas, agua contaminada, generando riesgos sanitarios para los mineros y para las personas que viven en los alrededores.

- d) La dotación de infraestructura minera promueve la generación de empleo e ingresos lo cual provoca en ocasiones el establecimiento o el desarrollo incontrolado de asentamientos humanos. Si no hay un campamento o lugar para el asentamiento de los trabajadores y sus familias, las poblaciones cercanas no cubren por completo la demanda de los servicios comunitarios la población en crecimiento y esto genera conflictos económicos, sociales o culturales. Usualmente, el equipo inicial de construcción es transitorio y pronto se lo reemplaza por el personal de operaciones, que es permanente y menos numeroso.



Figura 4. 19 Protesta de personas de los pueblos de Cajamarca, San Marcos, Baños del Inca, La Encañada, Porcón y Llacanora en Perú para exigir que se anule el proyecto minero de oro Conga por contaminación de los ríos

FUENTE: <http://malcolmallison.lamula.pe/tag/marcha-contra-mineria>

- e) De acuerdo a la ubicación del yacimiento y el lugar seleccionado para el proyecto minero, las operaciones de extracción y construcción de la mina genera alteraciones de la superficie, degradando o en posibles casos la destrucción de recursos cercanos al área del proyecto ya sea de tipo cultural, lugares históricos, sitios religiosos indígenas o vandalismo de los sitios no protegidos.
- f) Las actividades de exploración y extracción interferirán, en cierto grado, con las otras actividades que pueden existir, o estar planificadas en el área; por ejemplo, las vibraciones de la operación de los equipos y la voladura, así como el ruido y el polvo, pueden causar serias molestias y problemas de salud en los trabajadores y residentes cercanos.
- g) El uso del agua para los procesos de beneficio es muy importante, pero la obtención de la de este recurso en ríos o pozos da como resultado una pérdida de acceso o limitación del uso del agua afectando la calidad y cantidad del agua disponible en cuerpos de agua para abastecimiento, desencadenando numerosos y a veces violentos conflictos entre mineros y comunidades.

h) Impactos sobre la salud pública por los riesgos potenciales a la salud causadas por las sustancias peligrosas y desechos que hay en el agua, el aire, y la tierra generando graves impactos negativos en la salud pública (Figura 4.20) como se menciona a continuación :

1. Con respecto al **agua**, puede haber contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con metales, elementos, microorganismos provenientes de desagües y desechos en los campamentos y alojamientos de los trabajadores.
2. El **aire** debido a altas concentraciones y a la exposición de sustancias como el dióxido de azufre, material particulado, metales pesados, incluyendo plomo, mercurio y cadmio.
3. Los **suelos** puede tener metales pesados o residuos peligrosos como el aceite, estopas, entre otros.



Figura 4. 20 Personas afectadas por la minera GOLDCORP por contaminación con metales pesados (concentraciones significativas de cianuro, plomo, mercurio y arsénico en la sangre en Honduras)

FUENTE: <http://hondurascontaminada.blogspot.com/2011/11/afectadosas-por-la-minera-entre-mares.html>

5. Descripción del sistema ambiental y problemática ambiental en el área de influencia

La descripción del sistema ambiental del entorno afectado es parte integral del estudio de impacto ambiental y tiene el propósito de proporcionar la información suficiente de las características del área de estudio.

5.1. Focalización

El término focalización (scoping en inglés), es parte de la metodología de un estudio de impacto ambiental y se puede considerar como una fase inicial del mismo. La focalización consiste en determinar los factores ambientales que se deben tomar en cuenta y el grado de profundidad con que deben analizarse cada uno de ellos, para que se planteen las directrices del estudio con el propósito de identificar de manera preliminar los impactos ambientales más significativos, así como el tiempo y la extensión que su análisis requiera.

Siendo el caso estudio un proyecto minero, la focalización permite definir los factores ambientales para determinar los impactos más significativos de la mina Peña Colorada. Para ello se recopiló la información disponible referente a la evolución de la mina, incluyendo trabajos de investigación, tesis enfocadas al aspecto ambiental y estudios de calidad de algunos factores ambientales. En las fichas técnicas 5.1 a 5.8 se incluyen las referencias de los documentos disponibles sobre el proyecto en evaluación.

Ficha técnica 5. 1

Título	Informe anual 2011	Año de Publicación	2011
Autor	Cámara Minera de México (CAMIMEX)	Lugar	Distrito Federal
Descripción del trabajo	En este trabajo se describe la situación de la minería mexicana al año 2010 considerando la producción de los principales minerales extraídos en el país. Con respecto a la mina Peña Colorada reporta una producción récord en su proceso de pelletizado.		

Ficha técnica 5. 2

Título	Panorama Minero del Estado de Colima	Año de Publicación	2011
Autor	Secretaría de Economía	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	Señala las principales regiones y explotaciones mineras del estado destacando la importancia de producción de la mina Peña Colorada		

Ficha técnica 5. 3

Título	Monografía Estado de Colima	Año de Publicación	2009
Autor	Gobierno de Colima	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	Descripción de los aspectos socioeconómicos y naturales del estado de Colima.		

Ficha técnica 5. 4

Título	Plan municipal de desarrollo 2009-2012	Año de Publicación	2007
Autor	H. Ayuntamiento constitucional de Minatitlán	Lugar	Minatitlán, Colima
Descripción del trabajo	<p>El Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012 de Minatitlán es un documento rector de la administración, gestión de apoyo y recursos de obras en donde se busca la construcción de mejores servicios y condiciones para elevar la calidad de vida.</p> <p>Describe las principales características del medio físico, biológico y socioeconómico del municipio de Minatitlán. Se presenta una reseña de la afectación de la mina a los cuerpos de agua cercanos y propone medida de control de los impactos.</p>		

Ficha técnica 5. 5

Título	Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de zinc y cobre en girasol crecido en un suelo contaminado con residuos mineros	Año de Publicación	2004
Autor	Rosario Pineda Hernández Universidad de Colima	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	Se muestrearon suelos que hay en la laguna de los jales en el municipio de Minatitlán de la mina Peña Colorada, así como lugares cercanos donde se presentan filtraciones de jales, con el fin de determinar hongos micorrízicos arbusculares así como en la presencia en suelos irrigados con agua contaminada por metales pesados con concentraciones de Zn y Cu.		

Ficha técnica 5. 6

Título	Plan de educación ambiental para el Estado de Colima	Año de Publicación	2003
Autor	Academia Nacional de Educación Ambiental, AC.	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	<p>Propone articular los diferentes proyectos y acciones en materia de educación ambiental, desarrollados por diversas instituciones y organismos públicos, privados y sociales, en torno a proyectos específicos que atiendan los temas ambientales prioritarios para la entidad en un escenario de corto, mediano y largo plazos. Señala que de los proyectos en operación de la empresa del Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada contamina a la cuenca del río Marabasco o Cihuatlán, debido desechos ferrosos a través de sólidos en suspensión y emisiones de polvos y humos.</p>		

Ficha técnica 5. 7

Título	Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostinos del río Marabasco, México	Año de Publicación	2003
Autor	Miguel Ángel Lara Villa Universidad de Colima	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	Estudio de factor de riesgo para la vida acuática, por la lixiviación de residuos metálicos desde la explotación minera Peña Colorada ubicada en la parte alta de la cuenca del río Marabasco, se analizaron agua, sedimentos y crustáceos en cuanto a la concentración de metales.		

Ficha técnica 5. 8

Título	Diagnóstico de la problemática de contaminación del agua en el Estado de Colima	Año de Publicación	1993
Autor	Instituto Nacional de Ecología	Lugar	Colima
Descripción del trabajo	Establece un marco de referencia de la calidad del agua en el estado con el fin de detectar las fuentes de contaminación y contaminantes que afectan el agua, así como el inventario detallado de las fuentes de contaminación detectadas y la determinación de las acciones necesarias para prevención y control. En este estudio destaca la contaminación a ríos por descarga industrial de la mina Peña Colorada de desechos ferrosos en sólidos en suspensión acarreados de manera ocasional por las lluvias.		

Recurriendo a la información documental obtenida y a la consulta a expertos se determinaron los componentes ambientales susceptibles de impacto en los proyectos de minas de hierro, y que es preciso considerar en el estudio.

- **Calidad del aire:** se considera por la emisión de polvos y de gases provenientes de la maquinaria y de los procesos de extracción, principalmente. En este aspecto, los parámetros ambientales considerados para la calidad del aire en el estudio de caso son polvos e hidrocarburos.
- **Calidad del agua:** debido al manejo de residuos con concentraciones de metales pesados, como los jales que tienen los siguientes elementos: cadmio (Cd), arsénico (As), Cromo (Cr), mercurio (Hg), plata (Ag), plomo (Pb) y selenio (Se) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT-2003, estos elementos pueden contaminar los cuerpos de agua superficiales y subterráneos debido a descargas, fugas o derrames del jal. Los jales de la mina Peña Colorada están en concentraciones menores a los Límites Máximos Permisibles que establece la NOM-147-SEMARNAT-2003. También estos jales tienen baja concentración de bario (Ba) y cadmio (Cd). De los elementos que no se regulan en la NOM-147-SEMARNAT-2003, la concentración total de elementos tóxicos como el berilio (Be) y el talio (Tl) son inferiores al límite de detección, mientras que la concentración de cobre (Cu), zinc (Zn) y hierro (Fe) encontrados en los jales es relativamente baja.
- **Calidad del suelo:** es uno de los componentes más afectados, debido al proceso de remoción durante las actividades de desmonte y despalme, así como por la colocación de residuos durante el proceso de explotación, junto con el uso de sustancias contaminantes como son gasolina o diesel utilizados en vehículos y maquinaria, talleres etc.

- **Flora y fauna:** la flora es removida para la explotación de la mina de Peña Colorada destruyendo el hábitat de especies de fauna.
- **Socioeconómico:** los principales pueblos alrededor de la mina Peña Colorada como son “El Poblado” y “Minatitlan”, se dedican a la actividad minera.

5.2. Trabajos de campo

Como parte del presente estudio, se realizó una estancia en la mina que pertenece al Consorcio Minero “Benito Juárez” o Peña Colorada, con el fin de recopilar información sobre estudios previamente realizados en la zona, así como presenciar el proceso de extracción y las actividades vinculadas a la misma, entre ellas la implantación de las medidas de mitigación de los impactos generados en la zona de estudio (Ficha 5.1 - 5.24).

Como se ha expuesto en el Capítulo 3, la actividad inicia con la exploración, particularmente las siguientes actividades: voladura y acarreo del mineral hacia la planta de beneficio, donde se extrae el hierro en forma de pulpa y los residuos pasan a la presa de jales. Durante la estancia se observaron los procesos de explotación que incluye desde el acarreo del mineral en maquinaria pesada en los camiones Yucles y cargadores con capacidad de 250 toneladas (Ficha 5.3); colocación de barrenos y de exploración (Ficha 5.4) y formación de los tajos y terreros (Ficha 5.5 - 5.7).

Se visitó la presa de jales, en donde se apreciaron las prácticas de mantenimiento y operación (Fichas 5.8 - 5.12) como son la colocación de los jales espesados, la recolección de agua y tratamiento de los suelos ubicados en los bordes de la presa, sin embargo, se observó la generación de drenaje ácido en algunas zonas (Ficha 5.11) motivo por el cual se está realizando mantenimiento y preparativos para el cierre de la presa que está a punto de llegar a su máxima capacidad.

Se recorrió la planta de beneficio para conocer el proceso de separación, dicho proceso usa maquinaria como bandas transportadoras, un molino autógeno y cilindros magnéticos, se revisaron las aéreas aledañas a la planta y se encontraron descargas accidentales, principalmente debido a derrames de jales en la época de lluvias (Fichas 5.20 – 5.24).

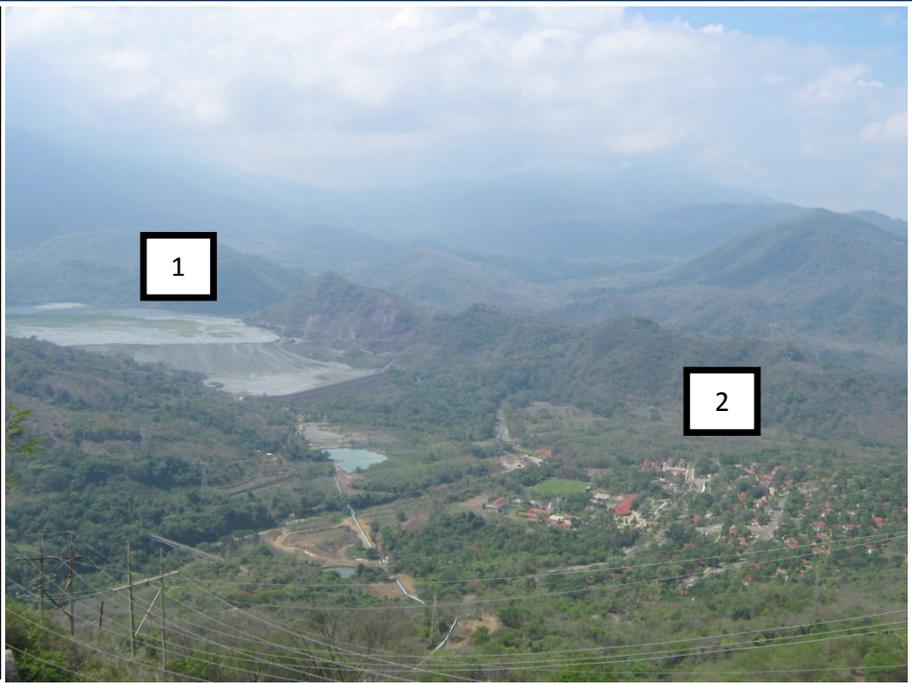
Durante la estancia se observaron las actividades de reforestación en las zonas estériles o sin explotar; este proyecto lleva ya varios años en ejecución, así como la realización de un proyecto de remediación de suelos contaminados con hidrocarburos y generación de composta, (Ficha 5.17 - 5.19).

Por último se recabó información sobre el cierre de la presa de jales, estudios de calidad del agua y características del suelo en los alrededores de la mina.

Ficha 5. 1

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Localización
	Clave
1	Presa de Jales
2	Poblado Benito Juárez Peña Colorada

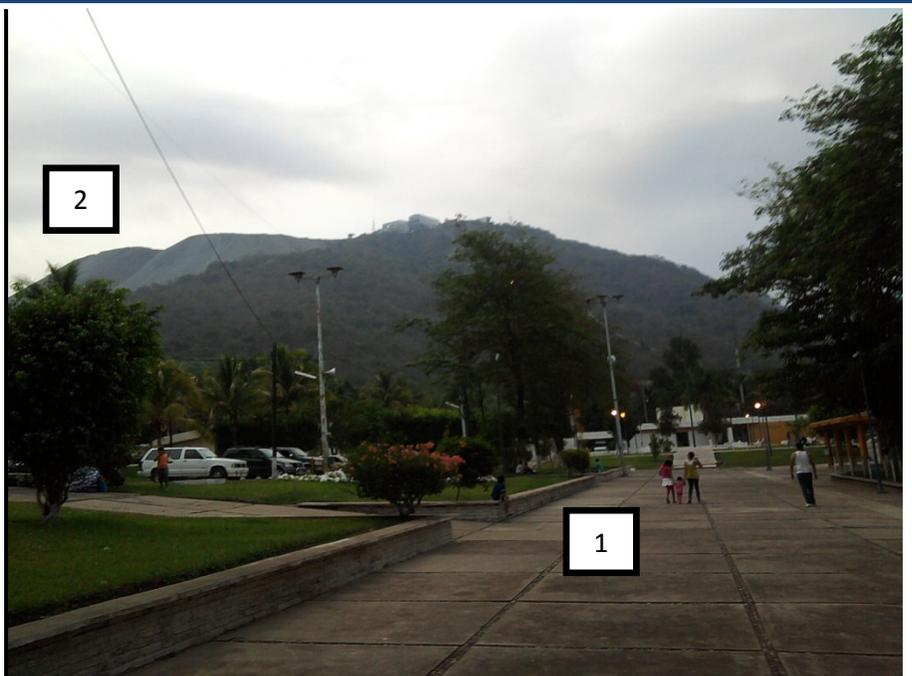
Localización



Ficha 5. 2

Lugar	El poblado
Actividad	Localización
	Clave
1	Poblado Benito Juárez Peña Colorada
2	Mina

Localización



Ficha 5.3

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Extracción
	Clave
1	Acarreo del mineral con maquinaria
2	Tajos

Localización



Ficha 5.4

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Extracción
	Clave
1	Colocación de barrenos para la voladura

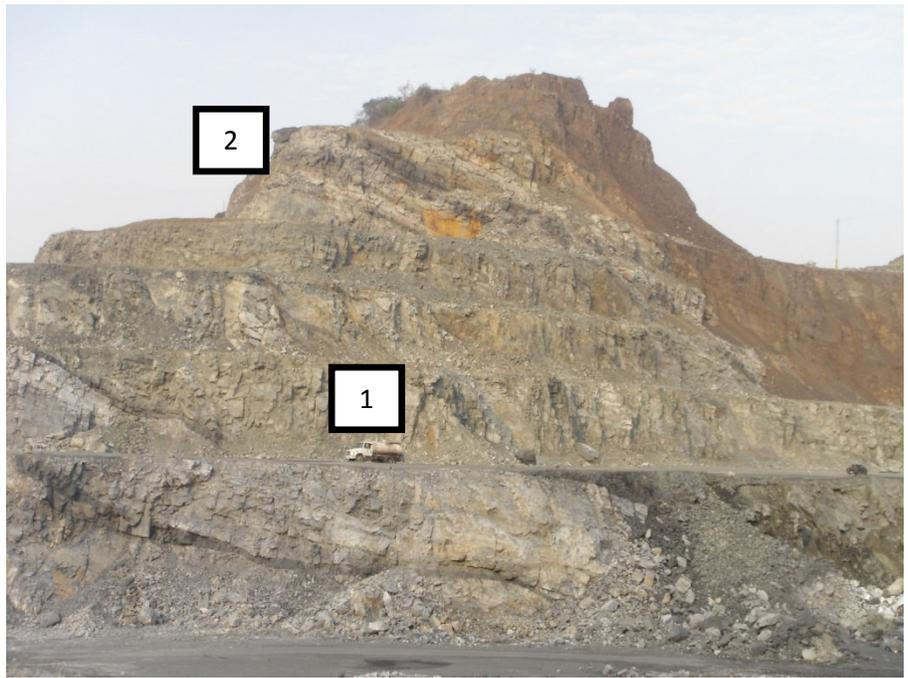
Localización



Ficha 5. 5

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Extracción
Clave	
1	Tajos generados para la circulación de maquinaria y vehículos
2	Formación de Tajos

Localización



Ficha 5. 6

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Extracción
Clave	
1	Instalaciones de Peña Colorada
2	Terreros

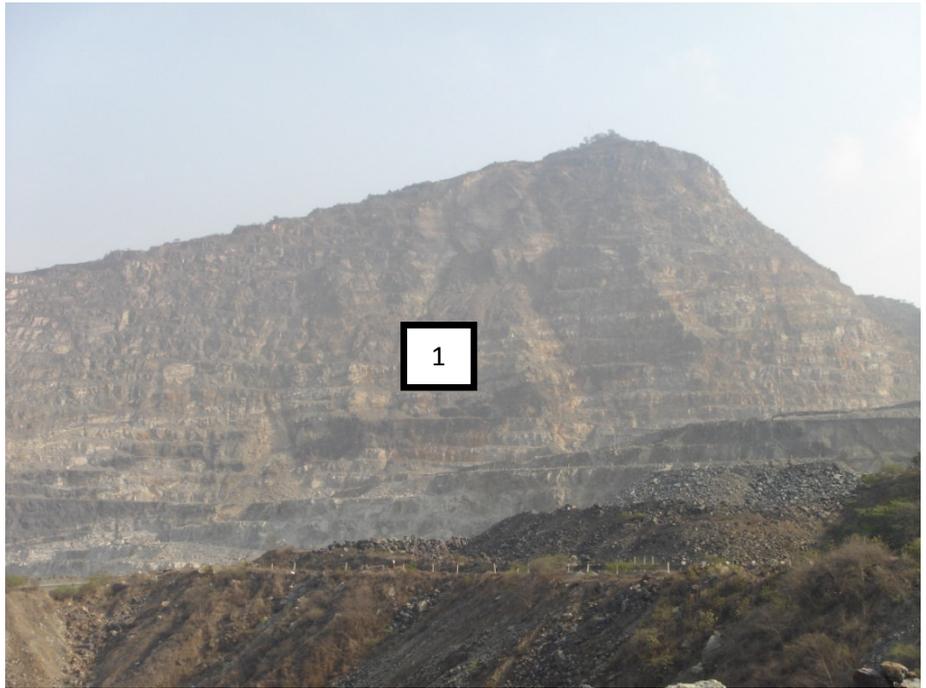
Localización



Ficha 5. 7

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Extracción
	Clave
1	Localización del yacimiento de hierro (borde negro)

Localización



Ficha 5. 8

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Presas de jales
	Clave
1	Presas de Jales ubicada abajo del pueblo de Peña Colorada

Localización



Ficha 5.9

Lugar	Presa de jales
Actividad	Depósito de jales
	Clave
1	Residuos o Jales espesados distribuidos alrededor de la presa
2	Terreno natural

Localización



Ficha 5.10

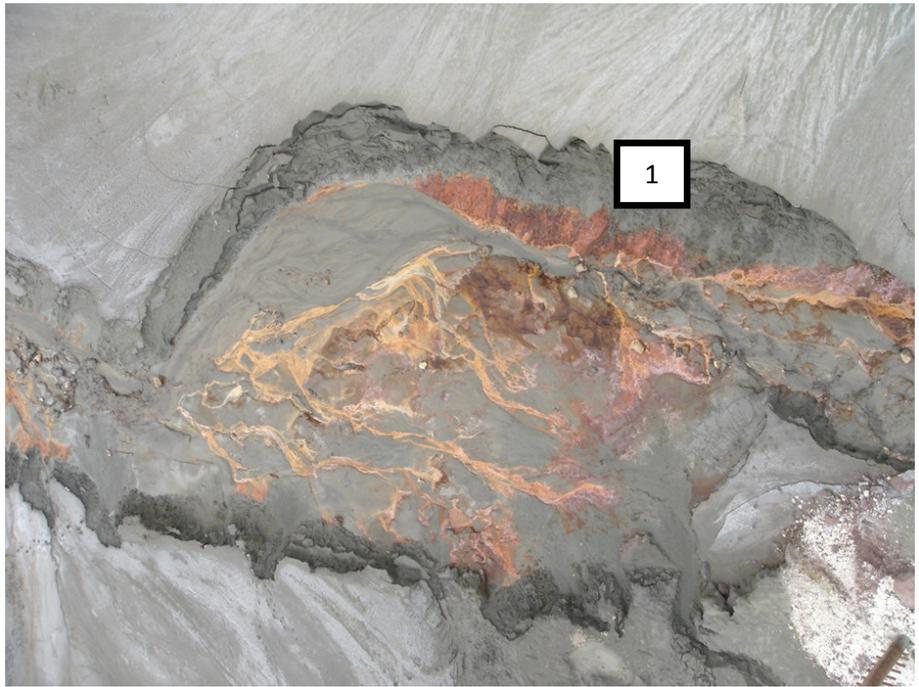
Lugar	Presa de Jales
Actividad	Depósito de jales
	Clave
1	Jales provenientes de la planta de beneficio
2	Separación de finos mediante hidrociclones

Localización



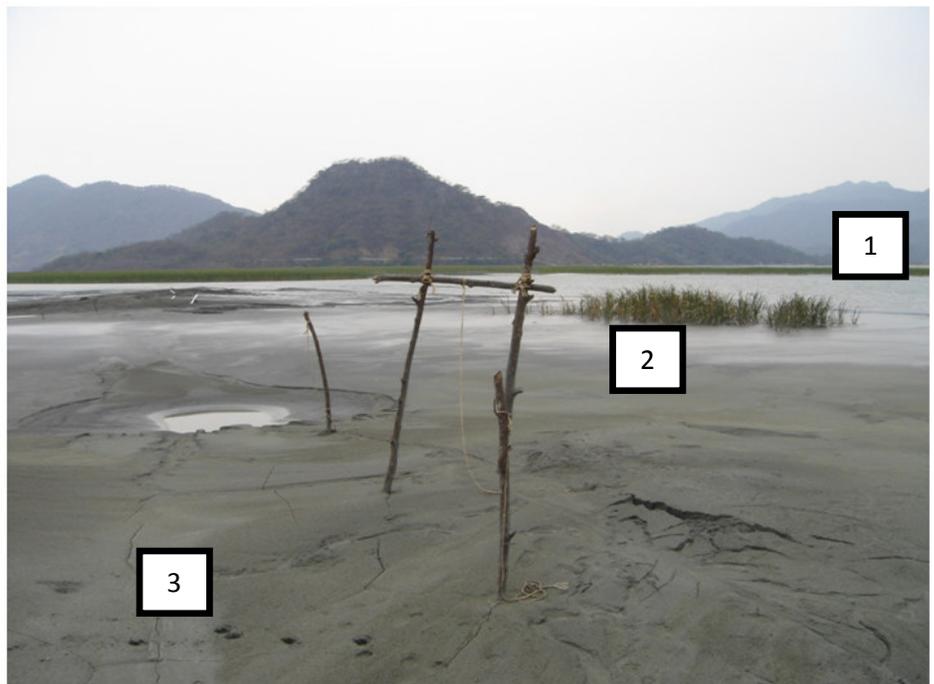
Ficha 5. 11

Lugar	Presa de jales
Actividad	Depósito de jales
Clave	
Vista desde arriba de la presa	
1	Formación de drenaje ácido (color rojo y amarillo)
Localización	



Ficha 5. 12

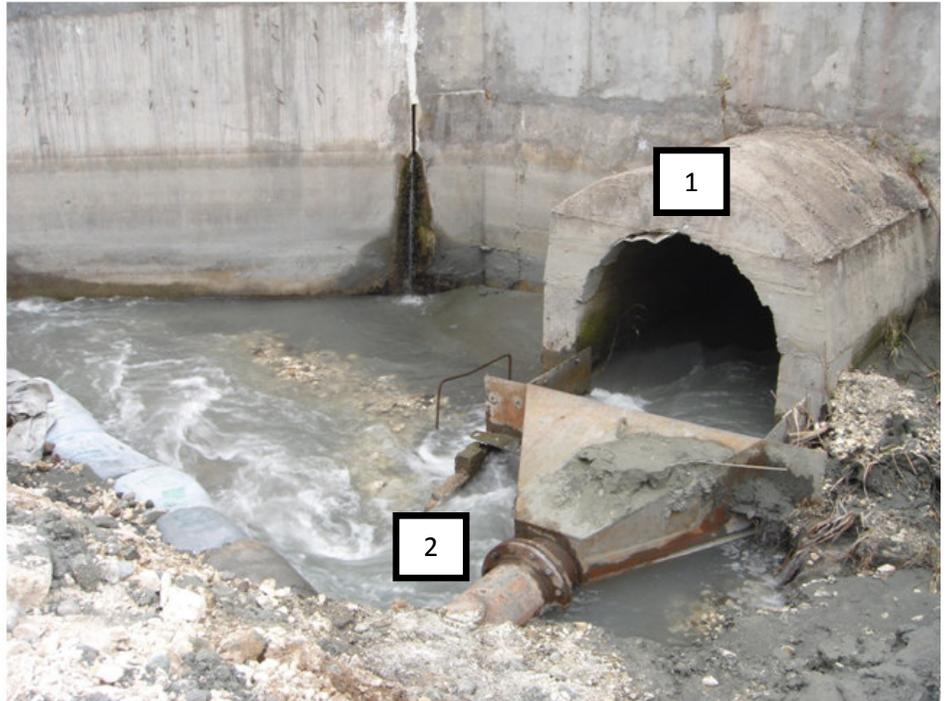
Lugar	Presa de jales
Actividad	Depósito de jales
Clave	
1	Laguna resultante de la sedimentación de finos con el agua del proceso
2	Desarrollo de vegetación en el lago de la presa
3	Huellas de animales que pasan dentro de la presa
Localización	



Ficha 5. 13

Lugar	Presa de jales
Actividad	Recuperación de agua
	Clave
1	Descarga de agua de la presa
2	Recolector para recuperar agua y regresarla a la planta de beneficio

Localización



Ficha 5. 14

Lugar	Presa de jales
Actividad	Mantenimiento
	Clave
1	Bordes perimetrales de la presa
2	Uso de composta alrededor de los bordes presa

Localización



Ficha 5. 15

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Derrame de jal
Clave	
1	Derrame de jal debajo de la planta de beneficio

Localización



Ficha 5. 16

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Depósito de llantas
Clave	
1	Restos de llantas de maquinaria pesada depositadas en las cercanías de la mina

Localización



Ficha 5. 17

Lugar	Terreros
Actividad	Reforestación
	Clave

1 Terreros abandonados con vegetación de la zona

Localización



Ficha 5. 18

Lugar	Terreros
Actividad	Reforestación
	Clave

Vivero para la reforestación de terreros abandonados. Se tienen variedad de plantas de la zona

Localización



Ficha 5. 19

Lugar	Terreros
Actividad	Reforestación
Clave	
1	Terreros abandonados
2	Vegetación natural

Localización



Ficha 5. 20

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Planta de beneficio
Clave	
1	Clasificación del mineral de alta ley y baja ley
2	Planta de beneficio

Localización



Ficha 5. 21

Lugar	Presas de jales
Actividad	Recuperación de agua
Clave	
Bombeo de agua recuperada de la presa hacia la planta de beneficio	



Localización



Ficha 5. 22

Lugar	Carretera Minatitlán
Actividad	Derrame de jal
Clave	
Debido a la lluvias se generan derrames de jales cerca de la carretera Minatitlán - Colima	
1	Jal derramado



Localización



Ficha 5. 23

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Planta de Beneficio
	Clave
1	Rodillos magnéticos utilizados para separar el mineral

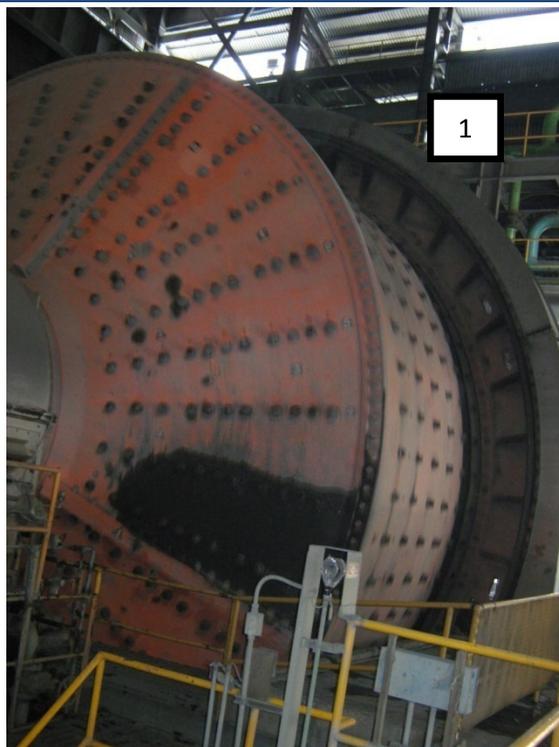
Localización



Ficha 5. 24

Lugar	Cerro de los Juanes
Actividad	Planta de beneficio
	Clave
1	Molino Autógeno usado para la disminuir el tamaño de la roca

Localización



5.3. Características del medio natural

De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) el proyecto de la mina Peña Colorada se encuentra en el municipio de Minatitlán, Colima.

5.3.1. Localización

La cabecera de Minatitlán se sitúa al norte $19^{\circ}26'33.7''$, al sur $19^{\circ}19'08.4''$ de latitud norte; al este $103^{\circ}59'48.6''$, al oeste $104^{\circ}07'35.1''$ de longitud oeste, extendiendo su influencia hacia una pequeña parte al oeste del municipio de Villa de Álvarez. Sus colindancias con las diferentes comunidades son: al norte con Agua Salada y Ranchitos, al sur con Agua Fría y La Playa, al este con El Espinito y El Mixcoate y al oeste con el Estado de Jalisco.

La altitud de Minatitlán varía desde los 572 msnm en las partes bajas hasta los 1,926 msnm en las partes altas. En el municipio de Minatitlán se encuentran las poblaciones de: Minatitlán, Paticajo, Arrayanal, Agua Salada, La Loma, San Antonio, Terrero, Sauz, Ranchitos, La Coconal, Las Guasimas, Convento, Agua Fría, Potrero Grande, Benito Juárez de Peña Colorada y Las Pesadas, como localidades principales (Figura 5.1).

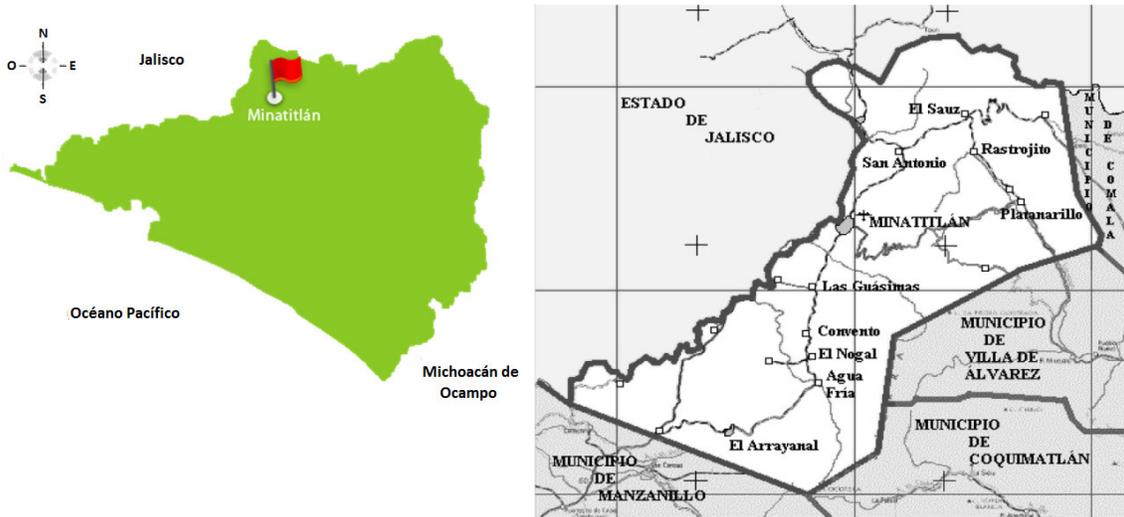


Figura 5. 1 Ubicación de Minatitlán
Fuente: Plan Municipal De Desarrollo 2006 – 2009, Colima

5.3.2. Clima

Se entiende por clima las relaciones que existen entre los fenómenos meteorológicos y la superficie terrestre, incluyendo la biosfera. Minatitlán presenta 3 tipos de clima; el cálido subhúmedo con lluvias en verano, el más húmedo de los cálidos subhúmedos; el semicálido subhúmedo con lluvias en verano, el

más húmedo de los semicálidos subhúmedos y el cálido subhúmedo con lluvias en verano, intermedio en grado de humedad, de acuerdo a la clasificación de Koppen modificado por Enriqueta García.

La mina de Peña Colorada se encuentra en una región cuyo clima Aw2 corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, con una precipitación invernal menor del 5 por ciento con respecto al total anual, siendo el mes más seco de los subhúmedos (CNA, 2000).

5.3.3. Precipitación

Este factor define dos periodos, la temporada lluviosa comprende los meses de junio a octubre. La precipitación más abundante se registra en los meses de julio a septiembre, con un porcentaje del 93% del total de la lluvia anualmente, durante los cuales son frecuentes las lluvias torrenciales de origen ciclónico; el otro periodo, que es el seco comprende siete meses, de noviembre a mayo, en el cual únicamente llueve el 7% del total de lluvia anual.

5.3.4. Temperatura

La temperatura promedio mensual es de 23.2°C, con oscilaciones en la media de menos 2.0 con 21.2°C y más 3.2 con 26.4°C, aunque la máxima extrema que se ha registrado fue de 28.8° C en septiembre de 1974 y la mínima extrema fue de 16.9°C en enero de 1983.

5.3.5. Vientos

Generalmente los vientos tienen una velocidad de 12 a 18 km/hr y provienen del sureste y suroeste, los rangos oscilan desde la calma, pasando por el débil hasta moderado.

De la estación meteorológica se registraron 2048 datos de dirección e intensidad de viento durante los meses de enero a mayo de 2008 (época de secas). Los resultados confirman que el viento sigue dos direcciones dominantes: NNE y WSW, si bien la frecuencia de la segunda es más alta, correspondientes a regímenes de circulación de viento brisa mar-tierra y brisa tierra-mar respectivamente. Los datos de vientos se registraron durante la época de secas. La velocidad promedio más alta del viento ocurre en las direcciones dominantes SW y WSW, con valores de 1.8 m/s (6.48 km/h) para esta última. Estas direcciones preferentes pueden variar de dirección cuando se presentan tormentas y huracanes en la zona.

5.3.6. Suelos

Minatitlán se encuentra dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, a su vez es subprovincia de las sierras de la costa de Jalisco y Colima. La porción de esta subprovincia que penetra en el estado, comprende las zonas conocidas por los colimenses como: la región montañosa occidental, la cuenca del

río Marabasco, el valle de Armería y la costa. Ocupa el 62.51% de la superficie estatal y abarca completamente los municipios de Armería, Manzanillo y Minatitlán y parte de los de Comala, Coquimatlán, Tecomán y Villa de Álvarez.

Son suelos profundos con limitantes físicas a 1.60 m de profundidad. El horizonte A es de tipo mólico obscurecido por los aportes de material orgánico y su espesor se estima en 20 cm caracterizado por acumulación de arcilla y presencia de Hematita. El horizonte C tiene un espesor estimado en 1.25 m y se caracteriza por la abundancia de Hematita y rocas sedimentarias.

La porción correspondiente a la Sierra Madre del Sur, se caracteriza principalmente por su topografía montañosa con pendientes escarpadas, cuya altitud promedio varía de 400 a 2400 m.; sierras complejas constituidas por secuencias volcano-sedimentarias y rocas volcanoclásticas (noroeste y sur del estado); sierras formadas por rocas sedimentarias calcáreas, clásticas y asociaciones de ambas, expuestas principalmente en el norte y centro y sureste y cuya dirección de los ejes estructurales es en dirección general noroeste-sureste, donde el drenaje está controlado por la estratificación de estas rocas; y cerros de topografía suave debido a la erosión de las rocas plutónicas que pertenecen al batolito circumpacífico y aflora el oeste del estado.

En la zona de estudio hay diferentes tipos de rocas, tanto en el área de la mina como en la ubicación de la presa de jales, en varios estudios relacionados se ha encontrado caliza, lutita, con diferente mineralogía (cuarzo, calcita, plagioclasa, entre otros), conglomerado y también se observa la presencia de roca con composición andesítica alterada muy cerca de la superficie (0.80 a 1.20 m), que en su mayoría ha sufrido procesos de metamorfismo y es de baja permeabilidad. Topográficamente, existen pendientes pronunciadas lo que ocasiona erosión y escurrimientos en tiempos de lluvia hacia las orillas del terreno.

5.3.7. Fisiografía

El Estado de Colima encierra áreas que corresponden a dos provincias fisiográficas del país las cuales son la del Eje Neovolcánico y la de la Sierra Madre del Sur. Minatitlán está dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, Subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima.

La porción de esta subprovincia que penetra en el estado comprende las zonas conocidas como la región montañosa occidental, la cuenca del río Marabasco, el Valle de Armería y la costa. Ocupa el 62.5% de la superficie estatal y abarca completamente los municipios de Armería, Manzanillo y Minatitlán y partes de los de Comala, Coquimatlán, Tecomán y Villa de Álvarez.

La subprovincia está representada, dentro del estado, por los siguientes sistemas de topofomas: Gran Sierra Compleja, que está representada por la cuenca del río Marabasco; Sierra de Cumbres Tendidas, se encuentra en la región montañosa occidental; Valle Intermontano, se localiza en la región montañosa occidental; Valle Intermontano con Lomeríos, se encuentra en la depresión del río Marabasco.

Cuenca Río Marabasco

La cuenca del río está ubicada entre los estados de Jalisco y Colima. El área que desagua el río Marabasco representa una zona ubicada entre los sistemas montañosos de la Sierra Occidental y la Sierra Volcánica Transversal. Su superficie es de 2,034 km² y la desembocadura del río está representada por la llanura costera del Océano Pacífico (Figura 5.2).

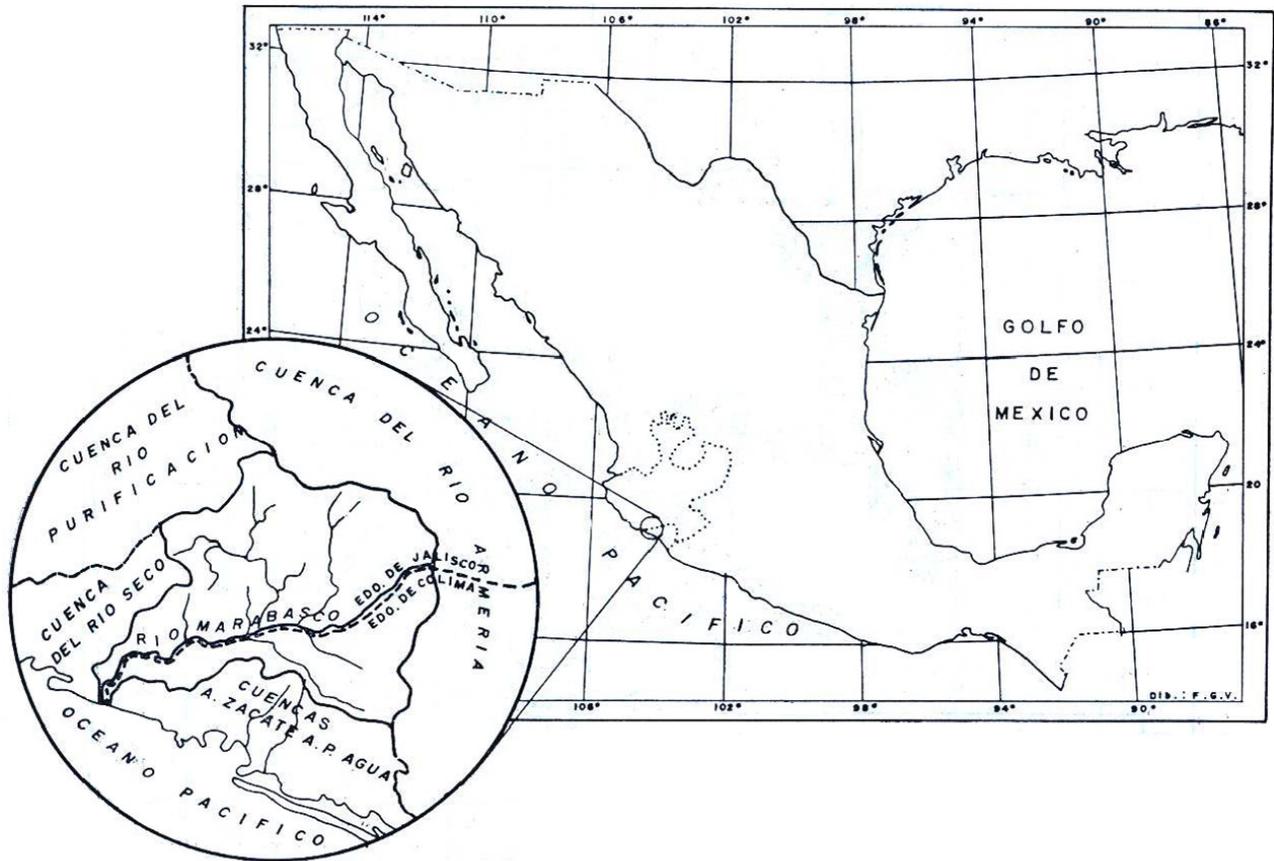


Figura 5. 2 Cuenca del río Chacala (Marabasco)
Fuente: Estudio hidroclimático de la cuenca del río Marabasco

5.3.8. Hidrología

El municipio de Minatitlán se encuentra en la región hidrológica denominada Costa de Jalisco (RH15 Río Chacala - Purificación), que se concreta a dos sistemas donde uno de ellos es el Río Minatitlán de corriente perenne (perteneciente a la cuenca del río Marabasco), que nace en la falda este del Cerro del Zapote del que son tributarios el río Ayotitlán y Minatitlán que conforman la microcuenca regional Ayotitlán, de donde parte hacia el sur para desembocar en el Océano Pacífico. Los principales afluentes del río son: Los Arroyos y Las Truchas, Los Cuates, El Gato, Copales, Las Pesadas y El Limoncito.

La mina se encuentra junto al río Minatitlán, sin embargo, el área tanto de la explotación del mineral como las instalaciones de la planta concentradora se encuentran a una elevación de 1,100 msnm promedio, mientras que el cauce del río Minatitlán está a una elevación de 650 msnm. A partir de la elevación a la que se encuentra el cauce del río, el nivel estático del acuífero se encuentra entre 3 m y 5 m de profundidad (GEOEX, 1996) (Figura 5.3).

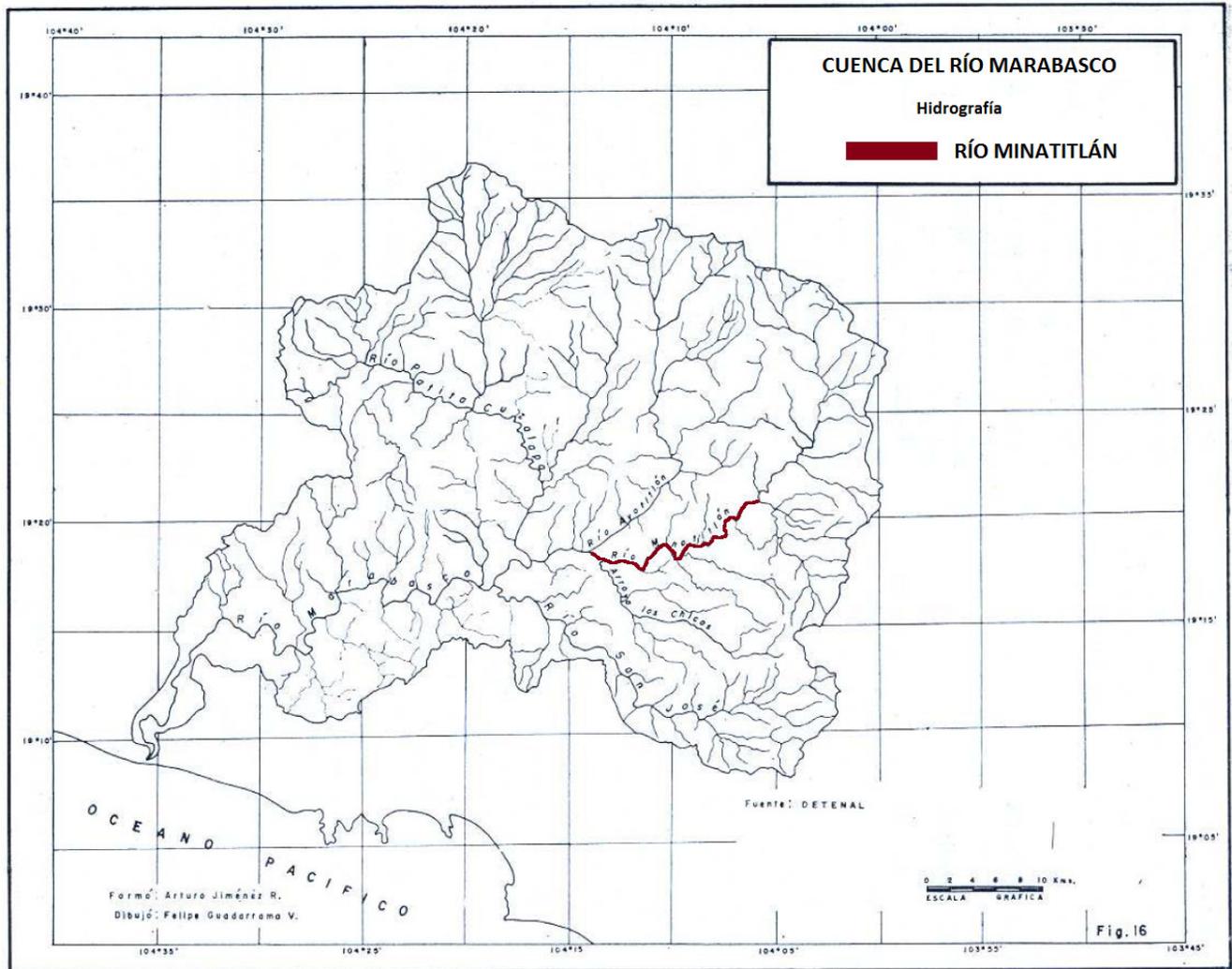


Figura 5. 3 Ubicación del río Minatitlán en la cuenca Marabasco
 Fuente: Estudio hidrocimático de la cuenca del río Marabasco, 1981

5.3.9. Flora

La vegetación en el municipio se considera como selva Mediana Subcaducifolia. Las especies que caracterizan a esta comunidad vegetal son de copa muy ramificada, con altura de 15 a 25 metros, y del 50 al 75% de sus componentes pierden sus hojas en la época seca del año. Se localiza en todos los municipios del estado; limita con la selva mediana subperenifolia, baja caducifolia, baja caducifolia espinosa, palmar, bosque latifoliado esclerófilo caducifolio, sabana.

5.3.10. Fauna

Dada su geografía, Minatitlán ostenta una vegetación variada y boscosa, su fauna es vasta, predominando el jaguar, puma onza, armadillo, tigrillo, jabalí, venado cola blanca, conejo, ardilla e iguana, principalmente. Sin embargo, algunas de las especies están listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 la cual determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre y acuática en peligro de extinción, amenazada, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.

Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán

Otro aspecto importante es que la minera Peña Colorada se encuentra localizada en las cercanías de un Área Natural Protegida (ANP) que se ubica entre los límites de Jalisco y Colima (Minatitlán). Esta reserva o ANP es la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), un área protegida que fue establecida por decreto del Ejecutivo Federal en marzo de 1987, con el fin de preservar la diversidad biológica y promover el uso sostenible de los recursos naturales de esta zona montañosa ubicada hacia el sur de Jalisco y el noroeste de Colima. En 1988, la Sierra de Manantlán se incorporó a la Red Internacional de Reservas del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Las características de esta reserva se muestran en la Ficha técnica 5.9.

Ficha técnica 5. 9

CARACTERÍSTICAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA MANANTLÁN

LOCALIZACIÓN Y LÍMITES

La Sierra de Manantlán comprende una sección de la Sierra Madre del Sur cerca de su confluencia con el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental. Se ubica entre la ciudad de Autlán al norte y la zona costera al sur (a unos 50 km en línea recta del puerto de Manzanillo). Su extensión es de 139,577 hectáreas y ocupa terrenos en los municipios de Autlán, Casimiro Castillo, Cuautitlán, Tolimán y Tuxcacuesco, del Estado de Jalisco, y Comala y Minatitlán, del Estado de Colima.

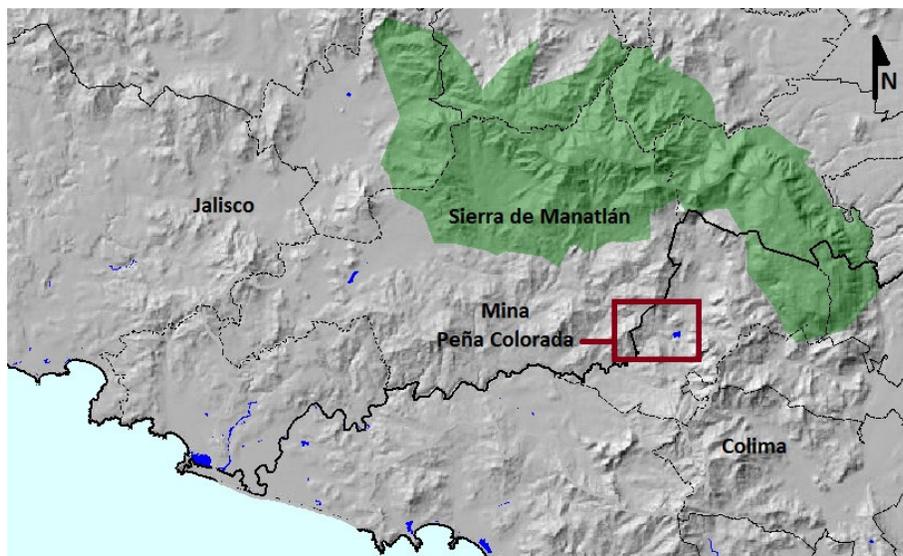


Figura 5. 4 Ubicación de la Sierra de Manantlán

Fuente: <http://manantlan.conanp.gob.mx/>

RELIEVE

Presenta un relieve complejo y accidentado. Se puede dividir en dos unidades fisiográficas: la porción occidental que es la más extensa y con mayores altitudes, y la parte oriental, formada por las regiones conocidas como Cerro de Enmedio y Cerro Grande. La porción occidental tiene un gradiente altitudinal que va de 400 a 2,860 m, con la parte más baja correspondiendo al Valle de La Resolana (municipio de Casimiro Castillo) que se localiza al oeste de la Reserva. Los puntos más altos son el Cerro de Las Capillas, el Cerro El Muñeco y el Alto de San Jerónimo, todos estos con una altitud que varía alrededor de los 2,800 m. El relieve es complejo, fuertemente disectado por fracturamientos, cauces y barrancas con pendientes muy pronunciadas, grandes cantiles y cordones delgados.

La parte oriental está formada por dos montañas de origen calcáreo. La de menor extensión es el Cerro de Enmedio, que se levanta abruptamente de los 700-1,000 m hasta los 2,000-2,300 m. La de mayor extensión, conocida como Cerro Grande, es un domo de aproximadamente 25 km de largo por 15 km de ancho, cuyas partes más bajas se encuentran a 600 m de altitud y su punto más alto a 2,500 m. Las mesetas en las partes altas de estas montañas presentan una topografía kárstica, con dolinas, depresiones y un impresionante sistema de cavernas que han sido descritas por Lazcano (1988), incluyendo a la quinta caverna vertical más profunda de Latinoamérica.

CLIMA

Tiene dos grupos climáticos: cálidos y templados subhúmedos (Martínez-Rivera et al.,1991). La temperatura media anual que va de 16 a 22°C, con excepción a la zona suroeste, en donde se presentan valores mayores a los 27.2°C. La mayor precipitación sobrepasa los 1,700 mm y corresponde a las áreas en el suroeste de la Sierra de Manantlán. La zona seca se localiza al norte de la Sierra, en los municipios de Autlán, El Grullo, Tuxcacuesco, Tolimán y Zapotitlán, con precipitaciones menores a los 800 mm.

HIDROLOGÍA

La Sierra está enclavada en las regiones hidrológicas 15 y 16, dentro de las cuencas de los ríos Ayuquila-Armería, Marabasco y Purificación. A lo interno, la Sierra se divide en 15 subcuencas en las que se presentan aproximadamente 2,440 corrientes. De éstas, sólo 34 son caudales permanentes: 18 en la parte norte y 16 en la sur. Sin embargo, los macizos montañosos de Cerro de En medio y Cerro Grande, por ser de naturaleza kárstica, no presentan cauces de agua superficiales, excepto por algunos arroyos intermitentes en las laderas.

GEOLOGÍA

La Sierra de Manantlán refleja la complejidad geológica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, esta última considerada como la provincia morfo-tectónica más compleja y con mayor diversidad de tipos de rocas en el país (Ferrusquía-Villafranca 1993).

La porción occidental está formada por rocas ígneas intrusivas (ácidas, intermedias y granito) en las laderas bajas, hacia el sur y norte, y por rocas ígneas extrusivas (ácidas, intermedias, riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica) en las partes altas, ocupando la mayor superficie. En los valles se encuentran materiales aluviales. En la porción oriental predominan las calizas con arenisca-conglomerado y suelos aluviales, producto de la erosión de las laderas de las montañas, hacia el margen del Río Ayuquila-Armería. En la parte oeste de Cerro Grande las calizas entran en contacto con las rocas ígneas de la Sierra de Perote.

VEGETACIÓN

En la vegetación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán se reconocen 13 tipos de cubierta vegetal, basándose para su descripción en los trabajos de Rzedowski (1978) y Rzedowski McVaugh (1966): bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de Pinus, bosque de Pinus y Quercus, bosque de Quercus caducifolio, bosque de Quercus subperennifolio, bosque de Abies, bosque de galería, matorral subtropical, vegetación sabanoide de Byrsonima y Curatella, pastizales y campos agrícolas.

DIVERSIDAD

Flora y hongos: Tiene una variada y compleja cubierta vegetal que alberga una gran riqueza florística. Su flora vascular está representada por más de 2900 especies pertenecientes a 981 géneros y 181 familias, que representan alrededor del 35-40% de la flora vascular del estado de Jalisco y aproximadamente el 10% de la de México (Vázquez et al., 1995). En hongos se han reportado 32 familias, 44 géneros y alrededor de 200 especies (Nieves, 1989).

Tanto la riqueza de especies como otros aspectos de la flora de la Reserva pueden considerarse únicos. Si consideramos los niveles de endemismo reportados para México (Rzedowski, 1991), es probable que alrededor de un 50% de las especies presentes en Manantlán sean endémicas al territorio nacional. En el contexto local, se tiene reportadas aproximadamente 30 especies de plantas vasculares presentes únicamente en la Sierra de Manantlán.

Fauna: La fauna silvestre es uno de los componentes importantes de alta diversidad biológica de la Sierra de Manantlán. En el caso de los mamíferos, se tienen reportadas alrededor de 110 especies potenciales pertenecientes a 21 familias y 8 órdenes. Esto representa el 64% de las especies en el estado de Jalisco y el 25% de las especies de mamíferos mexicanos.

Se reporta la presencia posible de 354 especies de aves, pertenecientes a 44 familias, lo cual representa aproximadamente el 70% del estado de Jalisco y el 36% de las especies de la República Mexicana. Los pobladores de la Reserva utilizan unas 15 especies como alimento, ornato, mascotas o para comercialización, a pesar de que algunas de ellas están amenazadas o en peligro de extinción, como la guacamaya verde (*Ara militaris*) y el perico guayabero (*Amazona finschi*).

De esta misma manera se tienen reportadas 80 especies de reptiles, pertenecientes a 55 géneros y 20 familias, así como 23 de anfibios, pertenecientes a 16 géneros y 8 familias. De estos grupos se sabe que existen 13 especies endémicas para la región occidente y centro de México.

Fuente: <http://manantlan.conanp.gob.mx/>

5.4. Características del medio socioeconómico

5.4.1. Servicios

Infraestructura hidráulica

Se cuenta con varios pozos profundos para el abastecimiento de agua del consorcio minero Peña Colorada y El Poblado, estos pozos se encuentran dentro de pequeñas propiedades, que otorgan el derecho a cambio de tomas para el abastecimiento propio y de su ganado. Para el abastecimiento de la cabecera municipal se cuenta con una línea de conducción, la cual conduce el agua hasta los tanques de donde se distribuye a la red.

Además, se cuenta, con una zona de riego (Junta de Aguas), la cual se abastece del río Minatitlán, a través de tres derivadoras "Los Bejarano", "El Barro" y "El Rebaje", de donde se toma el agua para ser conducida por canaletas a las parcelas. En el ejido Milán, se cuenta con una pequeña zona de riego, el agua es tomada del ojo de agua denominado "las Guásimas" y conducida por canaletas.

Servicios sanitarios

En la cabecera municipal, la recolección de basura se realiza por medio de camiones recolectores y es dispuesta en un tiradero ubicado al norte de la población. En las demás comunidades cada casa se encarga de quemar su basura o simplemente algunas personas la tiran en barrancas o arroyos.

Vías de comunicación

El acceso a Minatitlán se realiza por dos vías principales: la carretera Villa de Álvarez – Minatitlán y la Manzanillo – Minatitlán, comunicando las poblaciones principales de Minatitlán y Benito Juárez de Peña Colorada, además de algunas terracerías y brechas que comunican sus pequeñas rancherías y dan acceso a algunas de las parcelas de los habitantes.

Se cuenta con servicio de transporte de pasajeros todo el día tanto para Colima como para Manzanillo y puntos intermedios; este servicio se complementa con la ayuda de taxis. Se reciben señales de radio, televisión y se tiene cobertura con el sistema de telefonía celular.

Minatitlán ha contado con servicios de correo desde 1920. En 1917 se contaba con teléfono por una línea que unía a Colima, y pasaba por La Magdalena (hoy Pueblo Juárez), así como por El Mixcoate; en el mismo año se conecta con el puerto de Manzanillo y Camotlán de Miraflores. Estas líneas fueron derribadas por el ciclón de 1959 y fue hasta el año de 1973 cuando se volvió a instalar. En 1989 se introdujo al municipio el servicio de telégrafos nacionales.

En lo que concierne a las comunicaciones, se cuenta con los servicios de telefonía, a cargo de la empresa TELMEX, así como correos, telégrafos y telefonía celular, servicio que ha sido mejorado y que actualmente permite la comunicación con cualquier tipo de celular.

Infraestructura industrial

La principal industria que se encuentra dentro de esta microcuenca es el consorcio minero Benito Juárez "Peña Colorada" y la Minera del Norte, en las cuales se realiza la producción de hierro. En la cabecera municipal se realizan actividades artesanales como la construcción de canastas de otate, cántaros de barro, chinias, etc.

5.4.2. Población

Vivienda

Con más de 8 mil 700 habitantes, se considera que en Minatitlán habita el 1.70% de la población del Estado de Colima, en la localidad de Minatitlán, existen un total de 1,002 viviendas habitadas las cuales normalmente cuentan con 2 y 3 cuartos, cocina comedor, baño y sala. Las construcciones por lo general están hechas con muros de tabique y tabicón, pisos de tierra y cemento y los techos son de láminas de asbesto y aproximadamente 30% tienen losas de concreto. Se considera que aproximadamente el 90% de las casas habitación cuentan con todos los servicios (luz, agua potable, drenaje, etc.), El tamaño de los solares es muy variado ya que van desde los 200 hasta los 600 m², el uso que normalmente se les da es para cría de animales de corral, gallinas, chivos, puercos, además de tener algunos árboles frutales, tales como: tamarindo, mango, naranja, nance, ciruela, etc. y algunas plantas medicinales y para cocinar, cilantro, hepazote, orégano, etc.

El Poblado es un centro poblacional, construido especialmente para los trabajadores del consorcio minero de Peña Colorada, cuenta con 253 casas habitadas, la mayoría cuenta con 2 cuartos, baño, sala, cocina-comedor y patio de servicio, cuentan con todos los servicios municipales, recreativos y de salud (IMSS).

Salud

Actualmente en la cabecera municipal se cuenta con un centro dependiente de la Secretaría de Salud, donde se presta el servicio a las personas que reciban el servicio del Seguro Médico Popular, programa recientemente instituido en el estado, donde los derechohabientes reciben atención médica básica y los casos más graves se canalizan al Instituto Mexicano del Seguro Social en la capital del estado. En la localidad de El Poblado de Peña Colorada se presta servicio a los trabajadores de la empresa minera.

En la población de La Coconal se cuenta también con una casa de salud, pero está funcionando en una casa particular, se presta el servicio médico cada 22 días ejerciéndolo un médico y una enfermera, para enfermedades más grave acuden al IMSS de El Poblado los que cuentan con este derecho, y los que no, al centro de salud de Minatitlán.

Las principales enfermedades (dengue, infecciones gastrointestinales, cardiovasculares, gripa, piquetes de insectos venenosos), se atienden en estos centros; también algunos accidentes propios de las labores del campo, además de dar atención a mujeres embarazadas. Se aplican también regularmente campañas nacionales de vacunación a través de la Secretaría de Salud, a las cuales se le agregan las campañas de vacunación antirrábica con apoyo de la Secretaría de la Defensa Nacional. Las defunciones que se han presentado son principalmente por enfermedades cardiovasculares, diabetes y enfermedades infecciosas mal atendidas.

Una gran parte de la población de Minatitlán tiene acceso a los servicios de salud sobre todo en las localidades principales, 2,916 personas son derechohabientes de los servicio de salud del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) y 163 los del ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado).

Educación

Cuenta básicamente con todo tipo de servicios en la cabecera municipal (Minatitlán) y con servicios educativos desde preescolar, primaria, secundaria y bachillerato; en algunas comunidades con pocos alumnos se cuenta con escuelas del CONAFE tanto para preescolar como primarias, los alumnos que desean continuar con sus estudios profesionales se tienen que trasladar a la ciudad de Manzanillo, Colima o Tecomán, dependiendo de la carrera de su elección.

Dentro del municipio la instrucción escolar se imparte por medio de tres jardines de niños ubicados dos en la cabecera municipal y uno en El Poblado de Peña Colorada; también se cuenta con un jardín de niños del CONAFE que presta atención en las comunidades de La Loma, Agua Salada y San Antonio.

En el aspecto de la instrucción primaria se cuenta con dos escuelas que imparten clases de primero hasta sexto grado; en la cabecera municipal se cuenta con dos del turno matutino y uno vespertino, diez con turno matutino en las comunidades restantes. Permanecen cerradas las escuelas de Agua Fría, Potrero Grande y Arrayanal por falta de alumnos.

En el aspecto de la instrucción secundaria se cuenta con una escuela en la cabecera municipal (Minatitlán), la Escuela Secundaria Técnica No.12 denominada Benemérito de las Américas así como telesecundarias en La Loma, Agua Salada, Paticajo y El Terrero.

A nivel de preparatoria se tiene en la cabecera municipal el bachillerato técnico No. 11, dependiente de la Universidad de Colima, turno matutino y vespertino y un telebachillerato en la localidad de Paticajo dependiente de la Secretaría de Educación Pública.

5.4.3. Economía

En Minatitlán se cuenta únicamente con una sucursal del banco Banamex, la cual opera en un local dentro de la Presidencia Municipal, dando todos los servicios que esta institución presta. Además se cuenta también con una sucursal de la caja popular Providencia y la caja Solidaria.

En cuanto a las actividades económicas, la explotación minera ocupa un lugar muy importante. La proyección Nacional que favorece a Minatitlán, Colima, se debe a que el Municipio cuenta con el depósito mineral más grande del país, calculado en 200 millones de toneladas.

En 1967 se fundó el Consorcio Minero “Benito Juárez, Peña Colorada, S.A” y desde la década de los 50, se explotan minerales de las minas: Las pesadas, El Astillero y Cerro del Ocote. La región cuenta con otros minerales aún sin explotar como algunos cuerpos de oro, granate, cobre, calizas y barita, pero principalmente, caolín, material pétreo que se utiliza como materia prima para la elaboración de una infinidad de productos artesanales e industriales, dentro de la actividad de alfarería y orfebrería, contando con el yacimiento más importante de este material en nuestro país.

Minería

El consorcio minero Benito Juárez – Peña Colorada, S. A., área Minatitlán, explota a cielo abierto la mina llamada Espinazo del Diablo. En esta empresa se trabaja los 365 días del año, extrayéndose aproximadamente 3 millones de toneladas anuales de magnetita, con una ley de 37.69% de hierro magnético, que se envían por un ferroaducto de 44 kilómetros a la planta peletizadora en Tapeixtles, municipio de Manzanillo, donde son procesadas. Se calcula que las reservas contenidas en este yacimiento alcanzan las cifras de 154 millones de toneladas de mineral de hierro (magnetita) que pueden durar 25 años.

Agricultura

La agricultura es una actividad muy importante para el municipio, el cultivo de maíz, café, naranja, caña de azúcar, hortalizas, y nuevos tipos de cultivos, tal es el caso del aguacate, durazno y manzana. Se fomenta la creación de empresas a través del Foro Regional del Café, para que los productores del Municipio, promocionen y lo comercialicen a nivel Estatal y Nacional.

Ganadería

La ganadería también tiene representación en el Municipio, es una actividad que genera empleo y satisfacción familiar. En Minatitlán predomina la producción bovina, porcina, equina, caprina y de aves.

Turismo

El centro turístico "El Salto", en la actualidad se encuentra concesionado al DIF Municipal siendo este el atractivo más solicitado por los visitantes, se encuentra a 8 kilómetros de Minatitlán, una preciosa cascada con una caída de agua de aproximadamente 15 metros de altura, teniendo a su alrededor caprichosas formaciones rocosas rodeada de vegetación de selva media.

La localidad de El Terrero cuenta con 7 cabañas, una vasta vegetación exótica con recorridos a caballo denominados paseos ecológicos, un mirador en la cordillera de la reserva Manantlán que pertenece a la Sierra Madre Occidental del país.

Artesanía

La artesanía Minatitlense se basa principalmente en la elaboración de vasijas, ollas y otros artículos de barro, además del tejido y tallado de canastos de otate de madera, así como la fabricación de cabezas reducidas, estilo amazonas, hechas de piel de chivo.

6. Identificación y evaluación de impactos ambientales del estudio de caso

Dependiendo del objetivo, el término *calidad ambiental* puede variar en su significado. Si se considera la integridad de los ecosistemas, la calidad ambiental se refiere al mantenimiento de la estructura y su función, el equilibrio en la composición de especies, los ciclos de materia, la diversidad y los flujos de energía que se originan en el ecosistema.

El Impacto Ambiental (IA) puede ser definido (Sanz, 1991) como la alteración producida en el medio natural (alteración de la calidad) donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad. El IA tiene un claro vínculo de origen humano, dado que son las actividades, proyectos y planes desarrollados por el hombre, los que inducen las alteraciones mencionadas, estas alteraciones pueden ser positivas, cuando impliquen mejoramiento de la calidad ambiental, o negativas cuando ocurra la situación contraria.

Los impactos ambientales se caracterizan por varios factores, los considerados usualmente en las técnicas de valoración de impactos (Sanz, 1991) son la magnitud (calidad y cantidad del factor ambiental afectado), la importancia (intensidad, extensión, momento y la reversibilidad de la acción) y por último el signo (si es benéfico o si es adverso).

El impacto de un proyecto sobre el ambiente es la diferencia existente entre la situación del medio ambiente modificado (con proyecto), y la situación del medio ambiente tal y como éste habría evolucionado sin la realización del mismo (sin proyecto), lo cual se conoce como alteración neta (Conesa, 1993). Dicha alteración se puede apreciar en forma gráfica en la Figura 6.1, en donde se esquematiza el análisis de un factor cualquiera del ambiente y para el cual la distancia existente entre su evolución sin alteración y con ella, representa el impacto generado. Esta comparación de alteración neta permite desarrollar índices de calidad ambiental.

El proceso de análisis para predecir los impactos ambientales generados por un proyecto o actividad, es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA); dicho análisis permite determinar la aceptación del proyecto, las modificaciones necesarias o rechazo por parte de las entidades que tengan a su cargo la aprobación del mismo.

La EIA admite varias aproximaciones en su definición, las cuales son interdependientes; el objetivo de la evaluación de impacto ambiental es formar un juicio previo, imparcial y lo menos subjetivo posible sobre la importancia de los impactos o alteraciones que se producen, y la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables. La evaluación debe considerar escalas de observación espacial y temporal para la

valoración de los impactos de una acción. En resumen, algunos impactos no pueden ser significativos a una escala pero pueden serlo si dicha escala se modifica, por ejemplo, el paisaje, puede no ser significativo a nivel regional pero sí a nivel local.

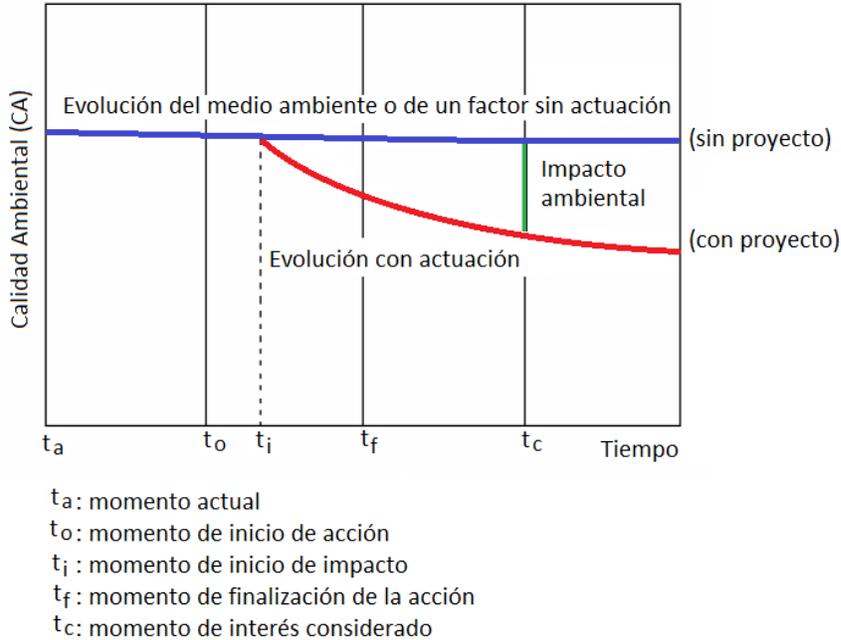


Figura 6. 1 Concepto de Impacto Ambiental (IA) en función del tiempo y calidad ambiental
 Fuente: Evaluación de impacto ambiental en proyectos de desarrollo, adaptado de Conesa (1993)

6.1. Metodología y técnicas aplicadas para la identificación y evaluación de impactos

Actualmente existe un gran número de técnicas para la evaluación de impactos ambientales, muchas de las cuales han sido desarrolladas para proyectos específicos, impidiendo su generalización a otros. Dichas técnicas se valen de procedimientos de tipo cualitativo o cuantitativo.

Algunas técnicas cuantitativas consisten en la aplicación de escalas valorativas para los diferentes impactos, medidos originalmente en sus respectivas unidades físicas. En estas se diferencian dos grupos, el primero permite la identificación y síntesis de los impactos (técnicas de listas de chequeo, matrices, redes, diagramas, métodos cartográficos), y un segundo grupo incorpora, de forma más efectiva, una evaluación cuyas bases de cálculo se explican mediante el uso de índices, objetivos, etc. de una manera jerarquizada (Batelle, hoja de balance y matriz de realización de objetivos). (Leon, 2003)

Se tienen además técnicas integrales que hacen posible la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa.

6.1.1. Metodología

Como parte de la investigación se realizó una Evaluación de Impacto Ambiental de un proyecto minero en operación ubicado en Minatitlán, Colima. Se utilizó la combinación de las técnicas usuales de un estudio de impacto ambiental resultando un procedimiento adaptativo, con el fin de determinar el impacto real que se genera durante el proceso de explotación de minerales. En virtud de que se trata de un proyecto en operación, se efectuó un análisis multitemporal que consistió en la determinación de la calidad ambiental en varios años o periodos, seleccionados con base en la información disponible, lo que permitió estimar la evolución de la calidad ambiental al ejercerse la actividad minera.

Las actividades desarrolladas como parte de este trabajo se muestran en el diagrama de flujo de la Figura 6.2, que representa el modelo metodológico para estudios de impacto ambiental; este diagrama se compone de tres bloques: identificación, valoración y corrección de los impactos significativos y análisis de resultados; se considera que la secuencia incluye las fases básicas de la metodología.

La primera etapa considera la descripción del proyecto en cada una de sus fases (preparación del sitio, construcción, operación y abandono) con el fin de determinar las principales actividades relacionadas con el proyecto (árbol de acciones). En la descripción del escenario o inventario ambiental se analizaron los factores ambientales (agua, aire, suelo, etc.) que pueden ser modificados por el proyecto, recopilando información de fuentes documentales y verificándola durante la visita de campo, dando como resultado una lista de factores ambientales.

En el análisis multitemporal se identificaron y valoraron los impactos en periodos seleccionados, determinando el estado cero (que corresponde a la situación previa al inicio de la actividad minera) y el estado actual del caso de estudio mediante la información reciente disponible.

Técnicas empleadas en el caso estudio para la identificación y evaluación de impactos

La gran mayoría de las técnicas de identificación y evaluación de impactos se basa en criterios subjetivos, ya que las escalas de medición utilizadas son de tipo nominal, ordinal, unas cuantas de intervalo, y muy pocas de razón. No obstante la subjetividad en el procedimiento de evaluación, se consideran indicadores cuantitativos para determinar la o las condiciones de un parámetro ambiental específico. El procedimiento adaptativo empleado en el caso de estudio integró las técnicas para la identificación y valoración que se mencionan a continuación.

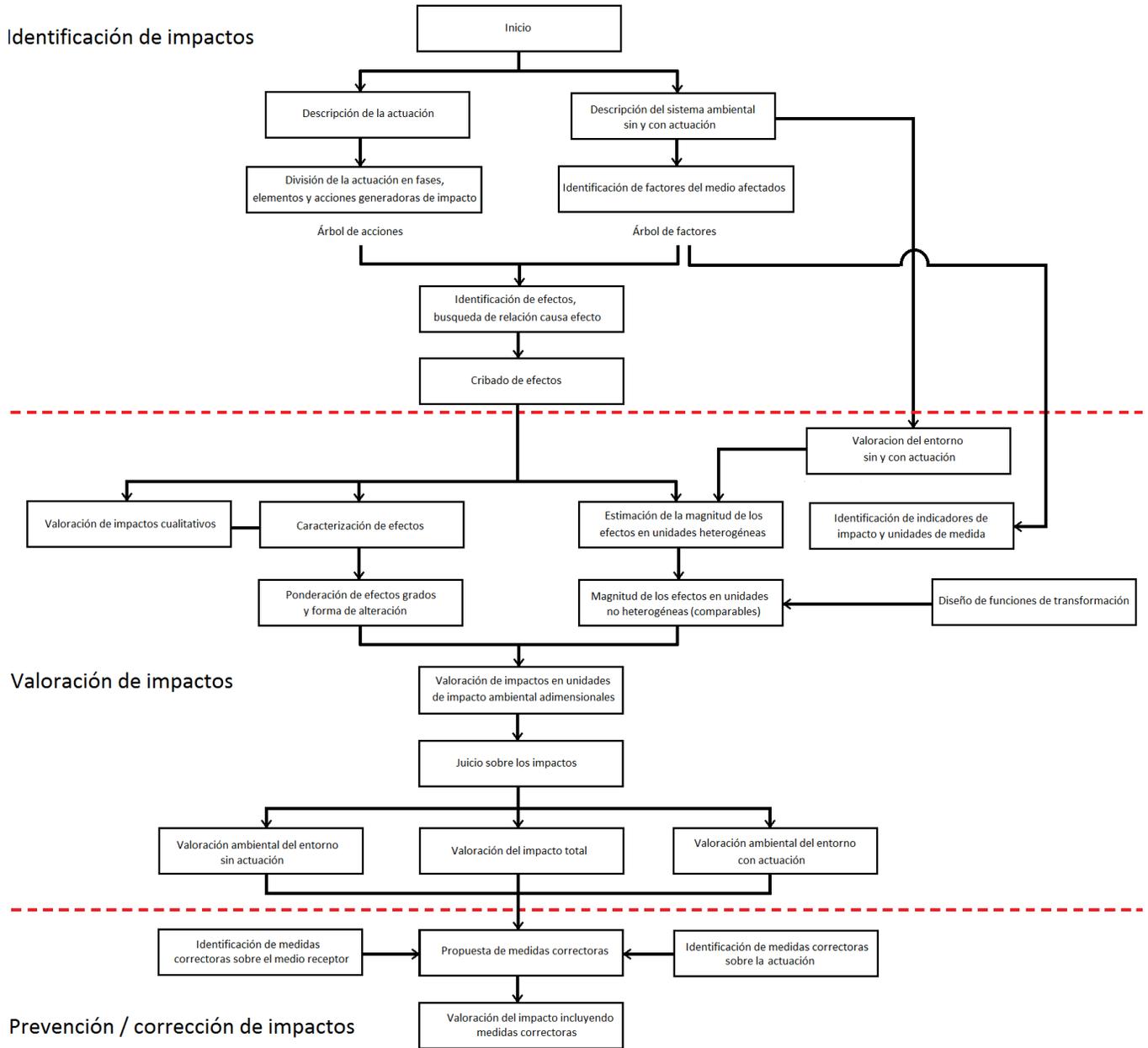


Figura 6. 2 Diagrama de flujo de la metodología para la evaluación de impacto ambiental del proyecto de mina a cielo abierto
Fuente: Dr. Enrique César Valdez

- Listados:** se emplearon en la definición de los árboles de acciones y de factores ambientales, con el objetivo principal de sintetizar la descripción de las actividades del proyecto minero en un conjunto reducido de actividades relevantes efectuadas en sus diferentes fases (construcción, operación, etc.) y, de la misma manera, sintetizar la descripción del escenario ambiental en un conjunto reducido de factores ambientales (agua, suelo, etc.), de manera organizada y jerárquica para identificar las principales áreas de estudio.

- **Matrices:** se emplearon en la etapa de identificación de impactos, para considerar la relación causa-efecto que se presenta al interactuar el árbol de acciones (en las columnas) y el árbol de factores ambientales (en los renglones). Además, se efectuó la valoración de los impactos determinando sus características (si es negativo, positivo, directo, indirecto, etc.); por último, se empleó para la presentación de resultados del impacto neto generado por el proyecto.
- **Sobreposición de mapas:** se utilizó una adaptación de este método para efectuar el análisis multitemporal mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), recurriendo a fotografías aéreas e imágenes satelitales de diversos años de la zona de estudio, esto permitió la obtención de áreas geográficas de diferentes años para su posterior análisis (1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010) y al sobreponer los mapas se observó el impacto de la ocupación del terreno debido al desarrollo de la actividad minera en la zona de estudio.
- **Método de Batelle – Columbus:** proporciona resultados cuantitativos y comparables en términos de calidad de los impactos en un proyecto. Permite correlacionar los elementos necesarios o en este caso, utilizar la información disponible de la zona de estudio para los años seleccionados. Una razón importante por la que se seleccionó este método es el poder distribuir un valor de importancia para cada uno de los factores ambientales y por último, la determinación de la calidad ambiental utilizando funciones de transformación ya propuestas por otros autores para cada factor ambiental.

Las técnicas anteriores dan claridad al proceso de evaluación. A continuación se explica la forma de implantación de cada técnica..

6.1.2. Marco teórico de las técnicas para la identificación y evaluación de impactos en el caso estudio

Listados

También conocidos como listas de verificación, son relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica. Existen listas de verificación elaboradas según el tipo de proyecto, haciendo identificación expresa de los elementos del medio que en forma particular resultan impactados por las actividades desarrolladas en el marco del mismo. Además de permitir la identificación, bien podrían asimismo incorporar escalas de valoración y ponderación de los factores, ante lo cual Magrini (1990) anota que no obstante que constituyen una forma concisa y organizada de relacionar los impactos, no permiten la identificación de las interrelaciones entre los factores ambientales.

La mayor ventaja que presentan las listas es que permiten identificar casi todas las áreas de impacto; sin embargo, representan básicamente un método de identificación cualitativo, limitándose su alcance en el

proceso de EIA, a un análisis previo. Las listas pueden clasificarse, según su nivel de desarrollo, en cuatro tipos (Estevan, 1999), los cuales se resumen en el Cuadro 6.1.

Los listados simples y descriptivos fueron los más comúnmente empleados en los primeros estudios de la EIA, previa valoración de impactos. Esto se debe a que pueden estructurarse a manera de cuestionario, para lo cual se formula una serie de interrogantes relativas a la posible ocurrencia de impactos sobre los diferentes factores ambientales, producidos por un determinado proyecto.

Cuadro 6. 1 Principales tipos de listas de verificación

Tipo	Descripción
Simple	Analizan factores o parámetros sin ser estos valorados o interpretados.
Descriptivas	Analizan factores o parámetros y presentan la información referida a los efectos sobre el medio.
De verificación y escala	Incluyen, además de lo anterior, una escala de carácter subjetivo para la valoración de los efectos ambientales.
De verificación, escala y ponderación	Introducen a las anteriores unas relaciones de ponderación de factores en la escala de valoración.

Fuente: Metodologías de evaluación de impacto ambiental

En resumen, los listados proporcionan un enfoque estructurado para la identificación de impactos y factores ambientales concernientes en el marco ejecutorio de una EIA. La adecuada adopción y empleo de estas listas condiciona en buena medida el éxito alcanzado por el ejercicio evaluativo, ya que se corresponde prácticamente con su punto de partida, y de él dependerá el desarrollo secuencial de pasos posteriores que conducirá finalmente a la valoración y síntesis de impactos generados por el proyecto.

Matrices

Los métodos matriciales son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación. Los métodos matriciales, también denominados matrices interactivas causa-efecto, fueron los primeros en ser desarrollados para la EIA. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia (Canter, 1998). Uno de los métodos matriciales más conocido es el de la Matriz de Leopold, desarrollado en 1971 para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América.

La Matriz de Leopold está constituida por 100 columnas en las que se representan las acciones del proyecto, y 88 filas relacionadas con factores ambientales, produciendo un total de 8.800 posibles interacciones. Dada la dificultad de trabajar con tal número de interacciones, normalmente se hace con matrices reducidas para 100 o 150, de las cuales un máximo de 50 es significativo.

Sobreposición de mapas

Consiste en el desarrollo de una serie de mapas temáticos (por ejemplo suelo, hidrología, vegetación, áreas urbanas, etc.) en un soporte transparente (como puede ser los acetatos) de modo tal que pueden superponerse entre sí y con relación a un mapa o plano del proyecto. El objetivo es identificar, predecir, valorar y representar información sobre impactos ambientales generados por acciones espacialmente definidas (Figura 6.3).

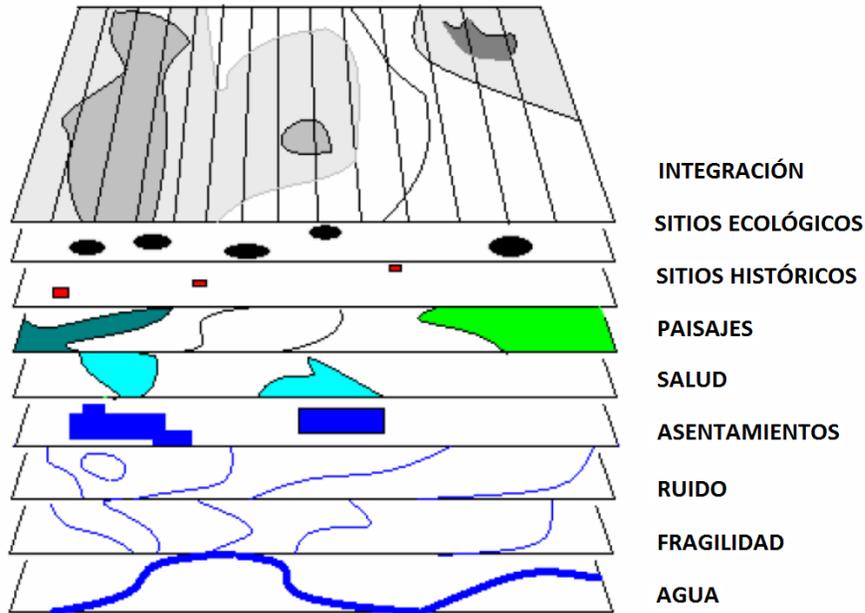


Figura 6. 3 Usos de sistema de información geográfica (SIG)
Fuente: Metodologías de evaluación de impacto ambiental

Esta posibilidad de relacionar espacialmente los componentes y acciones del proyecto con las distintas características del medio biofísico o sociocultural permite identificar los impactos ambientales, mapearlos y estimar su área o extensión y su importancia relativa. Estos mapas permiten, además, mapear las áreas sensibles (áreas naturales protegidas, áreas inundables, áreas densamente pobladas) y relacionarlas con el proyecto, especialmente si éste tiene una gran extensión o longitud (por ejemplo una autopista o un oleoducto).

Actualmente, esta metodología se ha adaptado a los métodos computarizados que van desde una simple planilla de cálculo (modelos rasterizados), pasando por los programas de diseño asistido por computadora (AutoCAD), hasta los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En estos casos, cada mapa temático se digitaliza y se archiva en la base de datos que permite combinarlos y superponerlos, analizarlos y generar presentaciones de los resultados para un área geográfica específica, como resultado de la combinación de los mapas individuales. Si la cartografía del SIG se lleva a cabo sistemáticamente, la información adquirida sobre el proyecto específico puede combinarse y la base de datos del SIG se hace más detallada según pasa el tiempo. La identificación espacial de los impactos ambientales es muy completa aunque la

valoración de la magnitud es dependiente de otras fuentes de información. Su comunicación es simple, ya que ubica con claridad los impactos, es adecuado para su vigilancia y control, aunque no identifica los impactos secundarios ni indirectos.

Método de Batelle – Columbus

Fue desarrollado en el laboratorio Batelle-Columbus, por encargo de la Oficina de Reclamaciones del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América, para proyectos hídricos, aplicable tanto en micro como macro proyectos. El método permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos.

Se trata probablemente del primer acercamiento serio a la valoración cuantitativa de impactos, y ha sido base inspiradora de otras metodologías desarrolladas posteriormente. Tiene la ventaja de que describe las bases de cálculo de los índices utilizados; es un método jerarquizado, constituido por cuatro categorías ambientales que se desdoblan en 18 componentes, los cuales a su vez se subdividen en 78 parámetros, ver Cuadro 6.2. La determinación del grado de impacto para cada parámetro ambiental viene dada por la ecuación:

$$UIA_j = \sum_{i=1}^n CA_{ij} \times UIP_i$$

donde:

- UIA_j = Unidad de Impacto Ambiental para el caso en estudio
- CA_{ij} = Calidad ambiental para el factor i y la acción j
- UIP_i = Unidades de importancia del parámetro para el factor i

La técnica de transformación de los datos en UIA, sigue entonces los siguientes pasos:

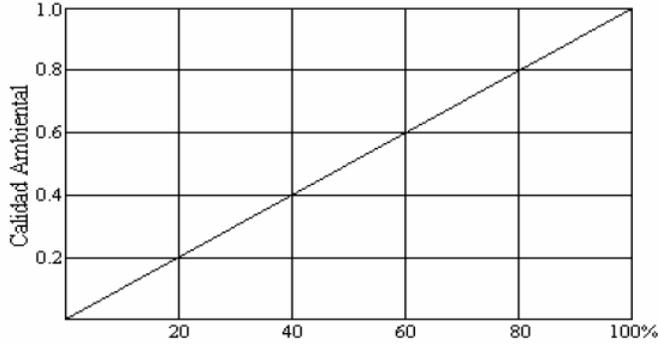
1. Transformar, de acuerdo con la función correspondiente, el valor del parámetro a su equivalencia de CA.
2. Ponderar la importancia del parámetro, con base en su importancia relativa dentro del medio ambiente.
3. Expresar el impacto como resultado de multiplicar los valores recién ofrecidos.

El Índice de Calidad Ambiental (CA) es determinado a partir de la medición de parámetros en sus respectivas unidades y posterior conversión, a través de funciones características de cada parámetro (escalares), en una escala con intervalos entre 0 y 1; estos escalares pueden variar de conformidad con la naturaleza del parámetro y del ecosistema considerado (Magrini, 1990). Las funciones en cuestión se corresponden con las funciones de transformación; el sistema propone una serie de gráficas para la obtención de estos índices de calidad. En la Figura 6.4 se presentan algunos ejemplos de las gráficas correspondientes a los parámetros usos del suelo, diversidad de especies, erosión del suelo, con sus correspondientes estimadores.

Cuadro 6. 2 Distribución de puntajes propuestos en el Método de Batelle

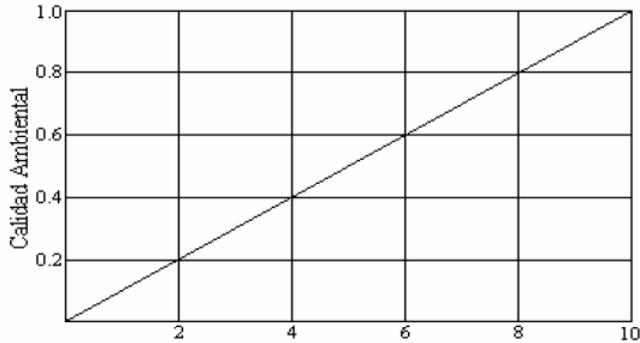
Ecología 240	Contaminación ambiental 402	Aspectos estéticos 153	Aspectos de interés humano 205
Poblaciones terrestres Pastos (14) Cosechas (14) Veg. natural (14) Plagas (14) Animales caza terrestre (14)	Contaminación de agua Pérdidas en las c.h. (20) DBO (25) Oxígeno disuelto (32) Coliformes fecales (18) C. inorgánico (22) N. inorgánico (25) Fosfato inorgánico (28) Pesticidas (16) pH (18) Variación de flujo (28) Temperatura (28) Sólidos disueltos (25) Sustancias tóxicas (14) Turbidez (20)	Suelo Material geológico superficial (6) Relieve y topografía (16) Extensión (10) 32	Valores educacionales y científicos Arqueológico (13) Ecológico (13) Geológico (11) Hidrológico (11) 48
Poblaciones acuáticas Pesca comercial (14) Veg. natural (14) Plagas (14) Pesca deportiva (14) Aves acuáticas (14) 140	Contaminación atmosférica Monóxido de Carbono (5) Hidrocarbonatos (5) Oxidos de Nitrógeno (10) Partículas sólidas (12) Oxidantes fotoquímicos (5) 52	Aire Olor y visibilidad (3) Sonidos (2) 5	Valores históricos Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personales (11) Religiones y culturas (11) Fronteras (11) 55
Hábitats y comunidades terrestres Cadenas alimenticias (12) Uso del suelo (12) Especies amenazadas (12) Diversidad de especies (14)	Contaminación del suelo Uso del suelo (14) Erosión (14) 28	Agua Presencia de agua (10) Interfase suelo y agua (16) Olor y materiales flotantes (5) Área de la superficie de agua (10) Márgenes arboladas y geológicas (10) 52	Culturas Indígenas (14) Otros grupos étnicos (7) Grupos religiosos (7) 28
Hábitats y comunidades acuáticas Cadenas alimenticias (12) Especies amenazadas (12) Características fluviales (12) Diversidad de especies (14) 100	Contaminación por ruido Ruido (4) 4	Biota Animales domésticos (5) Animales salvajes (5) Diversidad tipos vegetación (9) Variedad dentro de tipos de vegetación (5) 24	Sensaciones Admiración (11) Aislamiento (11) Misterio (4) Integración con la naturaleza (11) 37
Ecosistemas Únicamente descriptiva		Objetos artesanales Objetos artesanales (10) 10	Estilos de vida (Patrones culturales) Oportunidad de empleo (13) Vivienda (13) Interacciones sociales (11) 37
		Composición Efectos de composición (15) Elementos singulares (15) 30	

Fuente: Metodologías de evaluación de impacto ambiental



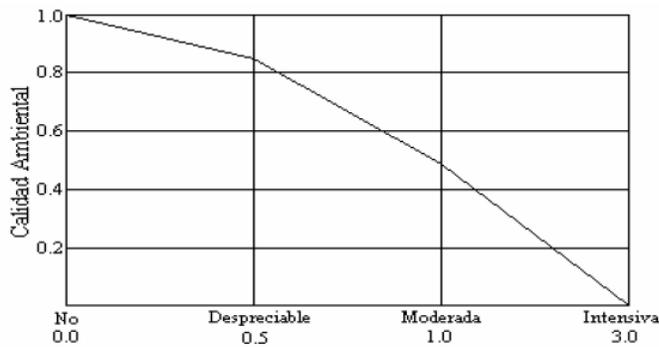
(a) *Parámetro:* Uso del suelo.

Estimación del parámetro: Suma ponderada de la superficie de cada tipo de uso del suelo (natural 1; forestal 0.8; agrícola 0.6; residencial 0.4; comercial 0.2; industrial 0) expresada en términos de la superficie total.



(b) *Parámetro:* Diversidad de especies.

Estimación del parámetro: Número de especies por mil individuos.



(c) *Parámetro:* Erosión del suelo.

Estimación del parámetro: Sedimentos aportados en acre pie/milla cuadrada/año.

Figura 6.4 Funciones de transformación (a) Uso de suelo (b) Diversidad de especies (c) erosión de suelo
Fuente: Metodologías de evaluación de impacto ambiental

Así, el modelo indica el sistema para establecer la función de transformación del valor CA de un determinado parámetro (i) en función de su magnitud (M), de conformidad con la ecuación:

$$CA_i = F(M_i)$$

Para evaluar la calidad del estado de un parámetro definido por su magnitud, tendrá que establecerse, inicialmente, la función de transformación $F(M_i)$ que le corresponda, estando representados, el índice de calidad CA, en las ordenadas, y la magnitud en las abscisas. Así, para cada valor de magnitud de un parámetro, bastará llevarlo sobre las abscisas, obteniéndose así su correspondiente valor CA en las ordenadas.

Por otra parte, la unidad de importancia (UIP) es fijada a *priori* completando un total de 1000 puntos distribuidos en categorías, componentes y parámetros, a través de consultas a grupos de expertos. Un ejemplo para la distribución de los puntajes a través de componentes y parámetros puede apreciarse en el Cuadro 6.2, distribuidos en cuatro categorías principales: Ecología, Contaminación Ambiental, Aspectos Estéticos y Aspectos de Interés Humano. Al aplicar esta técnica en nuestro medio es preciso adaptarla; las Unidades de Importancia Relativa se establecen de acuerdo a las características y condiciones del proyecto, reduciendo o aumentando el número de parámetros necesarios para el análisis.

Para cada parámetro, el sistema establece la comparación de su situación “con proyecto” y “sin proyecto”, obteniéndose el impacto neto del proyecto sobre cada parámetro, mediante el uso de la ecuación:

$$UIA_i \text{ PROYECTO} = UIA_i \text{ CON PROYECTO} - UIA_i \text{ SIN PROYECTO}$$

Este valor puede ser positivo, en caso de verse favorecido el parámetro por la implantación del proyecto, o negativo en caso contrario.

El estimado final, puede hacerse a través del cálculo de un Índice Global de Impacto Ambiental, dado por la diferencia entre la UIA total al realizar el proyecto y la UIA sin la realización de aquél.

A pesar de que este método presenta ventajas en relación con los ya descritos, dado que hace explícitas las bases de cálculo, presenta limitaciones en cuanto a la identificación de las interacciones entre impactos, pudiendo llevar a repetidos conteos y a la subestimación de los mismos. Si bien puede ser considerada una ventaja tener claras las bases de cálculo -lo que le confiere en la práctica la cualidad sistemática al ser aplicado- la asignación de puntajes a las diferentes categorías consideradas por este desarrollo metodológico, implica de hecho cierta subjetividad y amarre o condicionamiento a las mismas.

Otro aspecto a considerar, no sólo aquí sino también en las demás técnicas que emplean escalas como unidad común de medición, es que cuando se hace uso de ellas, en realidad se comparan y se suman impactos de naturaleza distinta.

La versión original de la matriz de Batelle, ha sido con frecuencia modificada para la evaluación de impactos ambientales en diversos tipos de proyectos y emplazamientos. Valiéndose de su estructura original y de las funciones de transformación para ella formuladas, y de algunas otras disponibles en la literatura especializada, es posible, modificando la distribución y asignación de puntajes, valorar cuantitativamente el impacto ambiental de un proyecto específico. Esta versatilidad, y su clara explicitación de las bases de cálculo, constituyen ventajas comparativas con otras herramientas de valoración (Cuadro 6.3).

Cuadro 6. 3 Ventajas y desventajas de método Batelle - Columbus

Ventajas	Desventajas
<p>Se trata del primer esfuerzo serio de valoración de impactos que ha servido de base a métodos posteriores</p> <p>Los parámetros o factores ambientales se transforman a unidades conmensurables (comparables) representativas de la calidad del medio ambiente, lo que permite la adición de las magnitudes de impacto para cada acción y para cada factor ambiental</p> <p>Para cada parámetro pueden reflejarse los valores en unidades de impacto ambiental (UIA) correspondientes <i>con proyecto, sin proyecto</i> y el referente al proyecto por diferencia de los dos</p> <p>Permite el cálculo del impacto ambiental global del proyecto y la comparación de alternativas al proyecto</p>	<p>Fue diseñado para determinar el impacto ambiental de proyectos hidráulicos.</p> <p>Para otro tipo de proyectos se deben proponer nuevos índices ponderales (UIP) y seleccionar las funciones de transformación que sean aplicables</p> <p>Tiene el inconveniente de que las unidades ponderales de los parámetros (UIP) se asignan de manera subjetiva</p> <p>Las funciones de transformación que proponen los Laboratorios Batelle- Columbus son específicas para planificación y gestión de recursos hídricos</p> <p>En la vida real los factores ambientales son ilimitados y no es posible contar con todas las funciones de calidad ambiental para todos los proyectos posibles</p> <p>El árbol de factores ambientales y el de acciones-actividades se deben adaptar al tipo de proyecto y al medio receptor</p>

Fuente: Metodologías de evaluación de impacto ambiental

El uso de las diferentes técnicas y métodos de evaluación ambiental depende principalmente de las necesidades específicas de cada estudio, ya que ningún método por si solo puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en el desarrollo de un proyecto, por esta razón, se utilizan los métodos de manera conjunta para cada una de las diversas etapas de evaluación de impacto ambiental.

6.1.3. Delimitación del territorio o cuenca espacial afectada por la actuación

Es necesario delimitar la zona de estudio para definir los elementos ambientales que son afectados por la actividad, en virtud de que la mina mantendrá su producción por treinta años aproximadamente. El área de estudio, correspondiente a la de explotación y a la que ocupa la presa de jales, tiene en total 38.19 km², Figura 6.5.

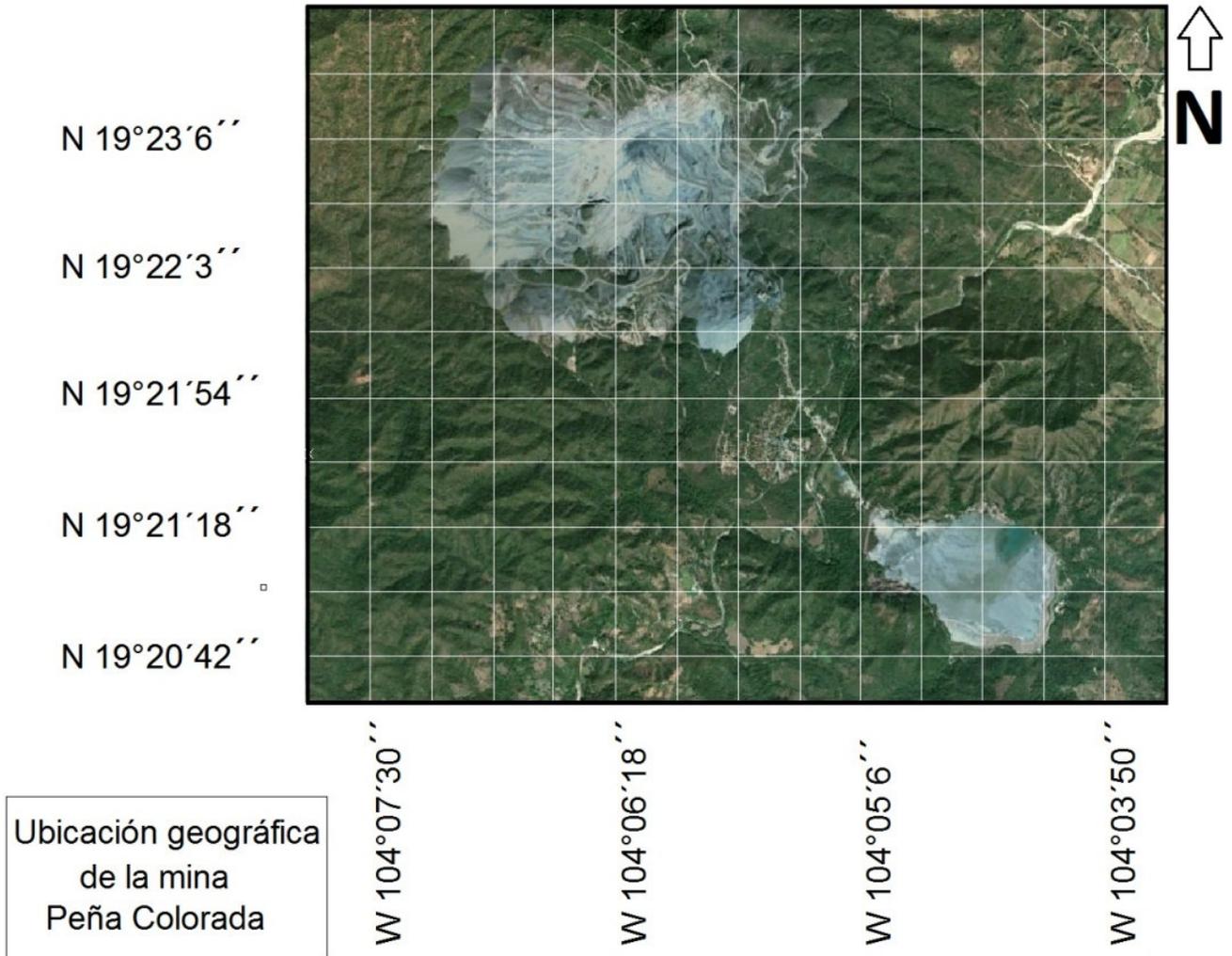
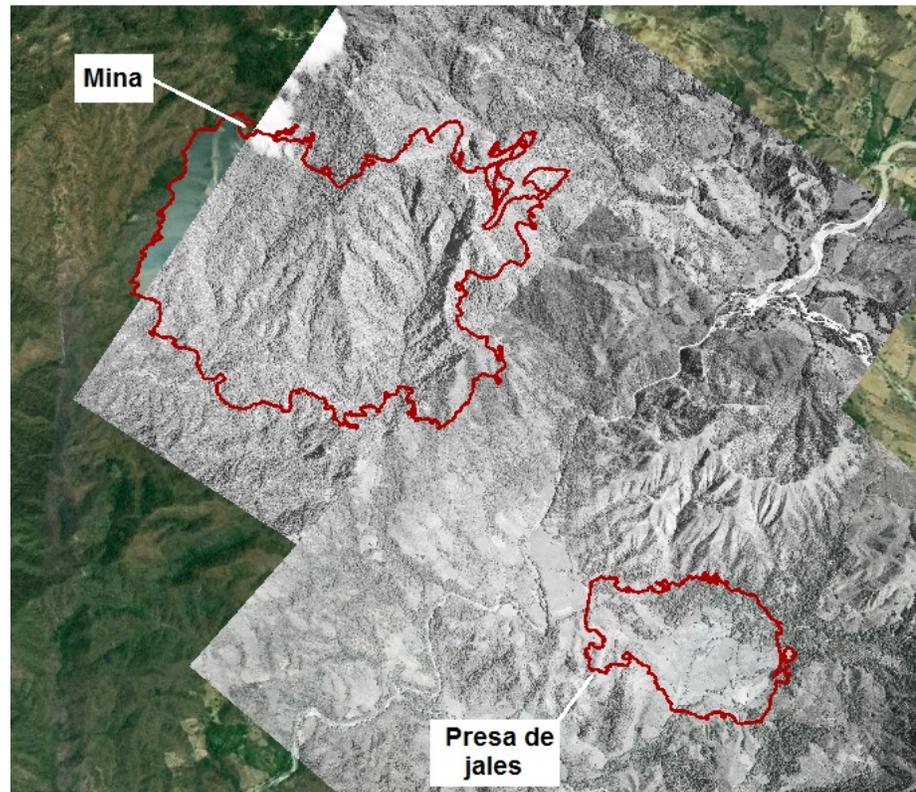


Figura 6. 5 Delimitación del área de estudio

6.1.4. Determinación del tiempo cero

La sobreposición de mapas correspondientes a diferentes años se empleó para conocer el impacto de la ocupación debido a la mina Peña Colorada a través de los años. Se fijó el origen del eje del tiempo en los años previos al inicio de la actividad minera para considerar la condición *sin actuación*. Al año en que se fijo el origen de la escala del tiempo se le denominó *tiempo cero*. Mediante el manejo y arreglo de fotos áreas e imágenes satelitales, se determinaron el tiempo cero (1956) y los años de análisis, 1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010, observando la evolución de la zona de estudio con anterioridad a la actividad minera y durante el desarrollo de la misma; en la Figura 6.6 se muestra el tiempo cero y el estado actual en la zona de estudio para el análisis con base en la información disponible.

a) Fotografía aérea (1956)



b) Imagen Satelital (2010)

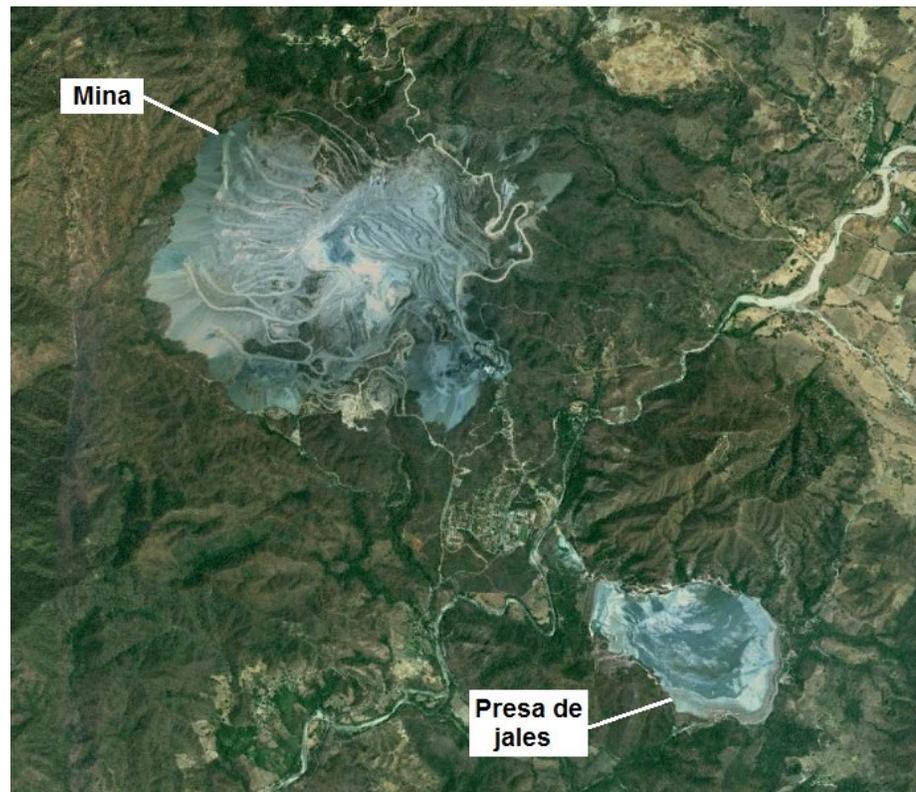


Figura 6. 6 a) Condición sin proyecto (1956), b) Condición con proyecto (2010)
Fuente: Elaboración propia

6.1.5. Recopilación de información

Como parte del trabajo de investigación se realizó una búsqueda de información bibliográfica considerando las siguientes fuentes:

- Artículos de investigación publicados en revistas científicas
- Tesis de licenciatura y posgrado
- Publicaciones de institutos de investigación y universidades
- Publicaciones de organismos oficiales

Por otra parte, se consideraron otras fuentes de información como la consulta a expertos en temas relacionados con la ingeniería en minas y metalurgia.

Para el análisis multitemporal se recurrió al uso de fotografías aéreas de vuelos realizados en el Estado de Colima y también a imágenes satelitales de la zona. Otro aspecto importante es la legislación vigente relacionada con la actividad minera, destacadamente la siguiente:

- La Ley Minera
- Reglamento de La Ley Minera
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGTR)
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
- Normas Oficiales Mexicanas
 - NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004: De protección ambiental, vehículos en circulación que usan diesel como combustible, límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
 - PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006: Vehículos en circulación que usan diesel como combustible, límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
 - NOM-141-SEMARNAT-2003 Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.
 - NOM-052-SEMARNAT-2005 Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos
 - NOM-157-SEMARNAT-2009 Establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

6.1.6. Estancia en la mina Peña Colorada

Se realizó una estancia en la mina Peña Colorada para corroborar y complementar la información documental. La información obtenida en campo se incluye en el Capítulo 5 de este trabajo.

6.2. Árbol de acciones del proyecto

Como se mencionó al inicio de este capítulo, como parte de la metodología se generó un árbol de acciones; este árbol es el listado de acciones típicas de un proyecto que en general son causantes de impacto en el medio. Una acción se considera como la parte activa que interviene en la relación causa – efecto que define un impacto ambiental. La descripción de estas acciones se considera en las distintas fases del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y abandono), porque la afectación al medio es diferente.

6.2.1. Fases de un proyecto minero

Los proyectos mineros incluyen distintas fases secuenciales que empiezan con la exploración del mineral metálico y finalizan con el periodo de post-operación (cierre) de la mina. En el Capítulo 3 se mencionaron los diferentes procesos de extracción que se utilizan comúnmente en la minería, lo que sigue es una breve descripción de las fases típicas del proyecto minero en general, para luego abordar el caso estudio. Cada fase está asociada a un conjunto de impactos ambientales.

Exploración

La exploración es la actividad que consiste en la determinación de la cantidad (reservas) y de la calidad (ley promedio) del mineral de un depósito ya que un proyecto minero solo puede iniciarse con el conocimiento de la extensión y el valor del yacimiento de mineral. La información sobre la ubicación y el valor del yacimiento de minerales se obtiene durante esta fase y considera inspecciones, estudios de campo, perforaciones de prueba y otros análisis exploratorios.

Planeación y diseño

En esta etapa se termina la exploración e inicia la evaluación técnica y económica del proyecto. Incluye el diseño del tajo, tipo de equipamiento (maquinaria), infraestructura, evaluación económica, análisis de riesgo, además se considera el proceso de evaluación de impactos ambientales para la obtención de los permisos ambientales.

Desarrollo

Si la fase de planeación y diseño demuestra que existe un yacimiento de mineral de dimensiones y grado suficientes, entonces se puede empezar a planear el desarrollo de la mina. En esta fase del proyecto se realizan actividades para establecer y perpetrar las instalaciones para la extracción, tratamiento y transporte de los recursos minerales, estas instalaciones incluyen infraestructura productiva, energética y vial (caminos, vías férreas, puertos, aeropuertos), posteriormente el acondicionamiento de maquinaria y equipo.

Explotación de la mina

La actividad de la mina puede empezar una vez que la empresa ha construido los caminos de acceso y ha preparado el lugar de trabajo que alojará al personal y equipo. Como se mencionó en el Capítulo 3, las principales actividades en el caso de estudio se dividen en:

- 1) Explotación del mineral
- 2) Proceso de beneficio.

Cierre y post-operación

Al término de las actividades mineras o, de preferencia, durante la fase de operaciones, las instalaciones y el lugar de operaciones deben ser rehabilitados y cerrados. La meta de la rehabilitación y cierre de una mina debe ser siempre el retorno de las condiciones del lugar lo más parecido posible a las previas a la existencia de la mina. En el caso de estudio se clasificaron las actividades del proyecto mencionadas en las fases listadas en el Cuadro 6.4.

Cuadro 6. 4 Clasificación de las fases para el desarrollo del proyecto minero

Exploración	
Diseño y planeación	
Desarrollo	
Operación	Explotación
	Beneficio
Cierre y post-operación	

Los aspectos más importantes de la descripción de los proyectos mineros son los tipos de impactos clave de cualquier proceso productivo, que son:

- a) Impacto de la ocupación (sitio y territorio)
- b) Gestión sostenible de los recursos y energía
- c) Contaminación (tipos de residuos a generar)

La determinación del árbol de acciones consideró varios aspectos, entre ellos que las acciones deben tener los datos necesarios, evitando descripciones detalladas de aspectos no relevantes para la determinación de impactos y dichas acciones son las actuaciones últimas que se van a realizar; las características de las acciones se listan en la Figura 6.7.

Recurriendo a la consulta a expertos, a la información recopilada durante la estancia en la mina y a la revisión bibliográfica, se elaboró el árbol de acciones que se muestran en el Cuadro 6.5.

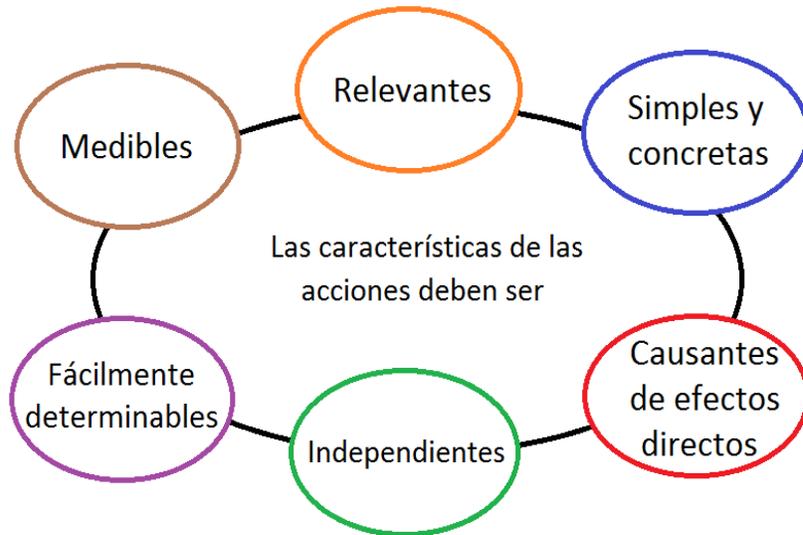


Figura 6. 7 Características que deben reunir las acciones de un proyector para ser consideradas en la evaluación de impacto ambiental
Fuente: Dr. Enrique César Valdez

Cuadro 6. 5 Árbol de acciones del proyecto de la Mina Peña Colorada

Fases	Acciones
Preparación sitio	Desmante y despalme
	Barrenación y voladura
	Excavación cortes y rellenos
	Transporte de material y movimiento de maquinaria
	Suministro de combustibles
	Suministro de agua
	Manejo de residuos
Desarrollo	Construcción de caminos de acceso
	Edificios y obras asociadas
	Instalación de maquinaria
	Transporte de material
	Suministro de agua
	Manejo de residuos
Operación y mantenimiento	Polvorín
	Suministro de combustibles y lubricantes
	Movimiento de maquinaria y acarreo de material
	Trituración y molienda
	Suministro de agua
	Suministro de energía eléctrica
	Manejo de residuos líquidos del proceso (jal)
	Manejo de residuos peligrosos (aceites)
	Manejo de residuos de manejo especial (terreros)
	Manejo de residuos sólidos (basura)
Manejo de agua residual sanitaria	
Cierre post-operación	Viveros
	Manejo de terreros
	Presa de jales
	Edificios, talleres y almacenes
	Residuos peligrosos
Residuos de manejo especial (llantas)	

Con respecto al árbol de acciones, solo se consideraron las acciones relevantes desde el punto de vista ambiental, así como las fácilmente determinables (localizables en un plano) en la zona del proyecto donde se genera el efecto.

6.3. Árbol de factores ambientales

El estudio de impacto ambiental describe las áreas que serán afectadas por las acciones del proyecto o actividad. Los principales propósitos de un estudio del entorno (también llamado inventario ambiental) son evaluar la calidad ambiental existente, así como los impactos generados por las alternativas (con y sin proyecto). Otro propósito importante es la identificación de factores o de las áreas geográficas ambientalmente significativas que se emplean para determinar el efecto total causado por el proyecto;

ejemplos de estos factores son la presencia de sólidos en un agua de mala calidad, hábitat de especies amenazadas o en peligro y lugares históricos significativos.

En esta fase deben incluirse parámetros ambientales solo en la medida que representen impactos ambientales significativos. El árbol de factores ambientales incluye los medios físico, biótico y cultural (socioeconómico).

Considerando la revisión bibliográfica, la información obtenida en la visita de campo a la zona de la mina y el análisis de los principales impactos de la actividad minera descritos previamente en el capítulo 4, los factores ambientales se enlistan en el Cuadro 6.7.

Los listados propuestos para el caso estudio (árbol de factores y de acciones) permite realizar un mejor manejo en el uso de las técnicas a utilizar para la siguiente fase de identificación y valoración de impactos ambientales.

6.3.1. Descripción del sistema ambiental

La descripción del sistema ambiental tiene como propósito la evaluación de la calidad ambiental que se presenta en la zona de estudio, considerando la alternativa de estado cero (sin proyecto), y por último, la identificación de los factores o las áreas geográficas que son significativas. Como este trabajo se enfoca a una actuación ya realizada (actividad minera) y que está en curso, los propósitos de la descripción del sistema ambiental son identificar y valorar los impactos provocados por la actividad, conociendo las características del medio y su calidad ambiental en condiciones previas (considerando los procesos propios del sistema que generan cambios en la calidad) y posteriores al inicio de la actuación.

El resultado de la descripción del sistema ambiental permite:

- La expresión de unidades ambientales internamente homogéneas para cada elemento ambiental.
- Representación en mapas o cuadros para cada elemento ambiental en el cual se muestren las unidades ambientales.
- Valoraciones de la calidad ambiental de cada elemento y de todo el medio en su conjunto.
- Árbol de los factores susceptibles de ser afectados por la actuación.

La información disponible obtenida mediante estudios en campo realizados en diversos años, para cada uno de los sistemas ambientales, se lista en el Cuadro 6.6, que se usaron posteriormente para la determinación de los factores ambientales.

Cuadro 6. 6 Registros históricos obtenidos en el área de estudio

CATEGORÍA	PARÁMETROS	AÑOS REGISTRADOS
Socioeconómicos y producción	Población	1950, 1960, 1970, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010
	Personal ocupado	1990, 2000, 2010
	Volumen de producción a nivel nacional	1980 - 2010
	Consumo de agua, descarga de agua, consumo de energía, residuos peligrosos, residuos especiales, basura generada	2007
Hidrológicos	AGUA	
	Gasto medio del río Marabasco	1994, 2006
	Temperatura, pH, oxígeno disuelto, DBO, grasas y aceites, dureza, sulfatos, cloruros, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, conductividad, coliformes, nitritos	1995, 1996, 1998, 2010
	Vanadio, Cromo, Manganeso, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Arsénico, Selenio, Cadmio, Antimonio, Titanio, Plomo	2003
	SEDIMENTOS	
	Cromo, Manganeso, Aluminio, Calcio, Fósforo, Mercurio	2001, 2003
	Níquel, Cobre, Zinc, Cadmio, Plomo, Hierro	2001, 2003, 2005, 2010
	Vanadio, Cobalto, Arsénico, Selenio, Antimonio, Titanio	2003
	Carbonatos	2001
	ACUIFERO	
Recarga media anual, Descarga natural comprometida, agua subterránea concesionada, disponibilidad media anual	2008	
Suelo	Aluminio, Calcio, Hierro	2003, 2004
	Carbonatos	2003
	Manganeso, Cadmio, Cromo, Plomo, Magnesio, Sílice, Flúor, Zinc	2004
	Conductividad, pH	2004, 2006
	Hidrocarburos	2006
Climatológicos	Temperatura, precipitación	1958 - 2010

Fuente: Elaboración propia con base en documentos obtenidos in situ

Con base en la producción total se hicieron algunas estimaciones para poder determinar algunos valores importantes haciendo una relación entre la producción y los datos estimados. De esta manera se consideraron los factores ambientales del Cuadro 6.7, propuestos con base en la información del Cuadro 6.6 mediante la realización de un cribado de factores de acuerdo a su importancia, años de registro y el área de influencia relacionada con el proyecto.

Sin embargo, en lo que respecta a la calidad del aire y otros factores importantes como registros de emisiones a la atmósfera, impacto visual, ruido y generación de residuos en la región, no se consideraron por falta de información histórica relacionada a estos factores en el área de influencia. Con respecto a la calidad del aire, es afectada por contaminación de acuerdo a diversos estudios realizados recientemente en la zona de estudio (Plan Estatal de Desarrollo, 2009)

Cuadro 6. 7 Listado de Factores Ambientales (Árbol de Factores)

Categoría	Componentes	Factores
A) Medio físico	A.1. Tierra - Suelo	A.1.1. Relieve y carácter topográfico
		A.1.2. Erosión
	A.2. Agua	A.2.1. Calidad del agua superficial
		A.2.2. Recarga acuífero
	A.3. Clima	A.3.1. Régimen térmico
		A.3.2. Precipitación
B) Medio biológico	B.1. Flora	B.1.1. Vegetación natural terrestre
		B.1.2. Especies en peligro de extinción
	B.2. Fauna	B.2.1. Especies en peligro de extinción
C) Medio socioeconómico	C.1. Población	C.1.1. Distribución y densidad de habitantes
		C.1.2. Distribución del tipo de uso de suelo
		C.1.3. Migración
	C.2. Infraestructura	C.2.1. Vivienda
		C.2.2. Salud
		C.2.3. Seguridad
		C.2.4. Vialidades
		C.2.5. Generación de residuos
	C.3. Economía	C.3.1. Generación de empleo
		C.3.2. Economía regional

6.3.2. Inventario ambiental

Con el inventario ambiental se pretende conocer la calidad del medio; se trata de una valoración conjunta del territorio, analizando todos los elementos ambientales que se han tratado o seleccionado previamente considerando el año de realización y el área de estudio, junto con las calificaciones particulares de calidad para cada uno de dichos elementos. Por esta razón es necesario diferenciar entre los elementos o factores relevantes y los que no lo son para la evaluación. Un elemento o factor ambiental importante para un estudio de impacto ambiental es aquél que:

- ✓ Puede ser afectado por la actuación.
- ✓ Se considera valioso por criterios culturales, históricos, científicos, etcétera.

Estas características deben ser descritas detalladamente en cada uno de estos elementos dependiendo de su funcionamiento en el ecosistema, esta información permite identificar y valorar los impactos de la actividad. Si no es relevante el elemento al que se haga referencia, basta con expresar este hecho en la descripción del sistema ambiental. Como resultado de la información recopilada las Fichas 6.1 a 6.19 muestran la descripción del escenario ambiental.

Ficha 6. 1

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.1.	Tierra-Suelo
Factor	A.1.1.	Relieve y carácter topográfico

Parte de la superficie del Estado de Colima corresponde a dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. El municipio de Minatitlán está en la provincia Sierra Madre del Sur y es Subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, por lo que es principalmente montañoso. El relieve está formado por cerros, valles y depresiones. El municipio se ubica entre los paralelos 19°14' y 19°30' de latitud norte; los meridianos 103°52' y 104°14' de longitud oeste; con una altitud entre 400 y 2 400 m.

Cuadro A.1.1. 1 Características fisiográficas del municipio de Minatitlán

Provincia	Sierra Madre del Sur (100%)
Subprovincia	Sierras de la Cosa de Jalisco y Colima (100%)
Sistema de topofomas	Sierra alta compleja (62.26%), Sierra de cumbres tendidas (20.05%), Valle intermontano con lomeríos (8.98%) y Valle intermontano (8.71%)

El yacimiento de Peña Colorada se localiza en el extremo noroccidental de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, cerca de la población de Minatitlán, en la parte noroccidental del estado de Colima y a unos 50 km al WNW de la capital del estado, donde presenta una altitud entre los 600 y 1400 m. Las figuras A.1.1.1 y A.1.1.2 muestran la elevación en el Estado de Colima y la figura A.1.1.3 corresponde a la zona de estudio de la mina.

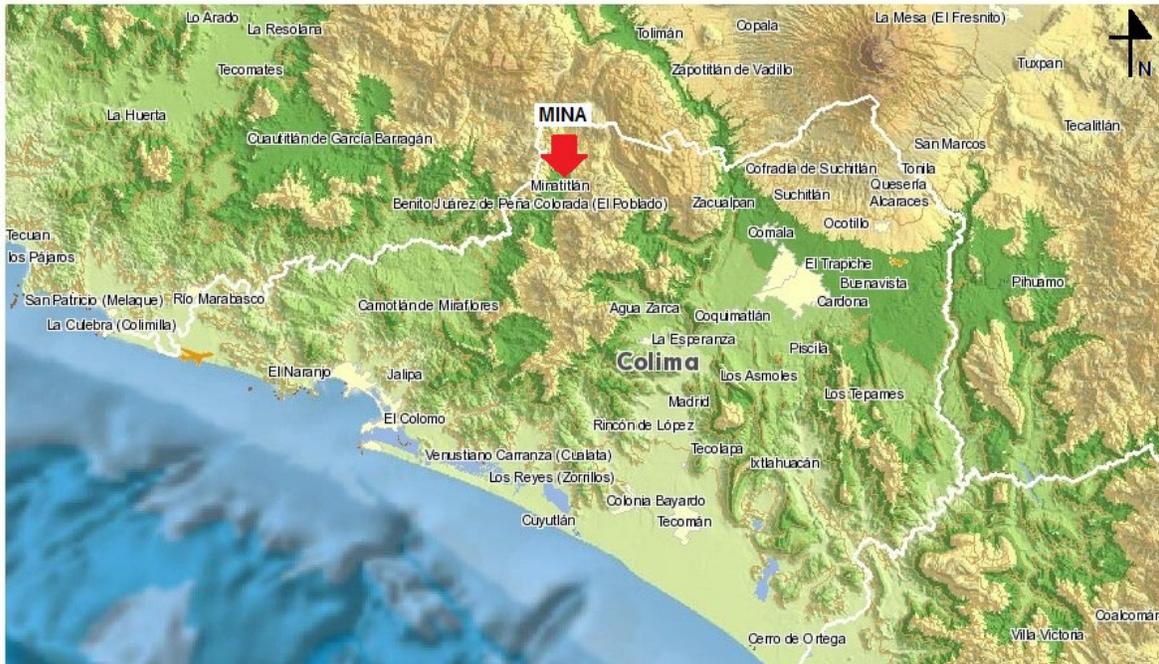


Figura A.1.1. 1 Mapa hipsográfico del Estado de Colima

Fuente: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>



Figura A.1.1. 2 Mapa topográfico del Estado de Colima
Fuente: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>

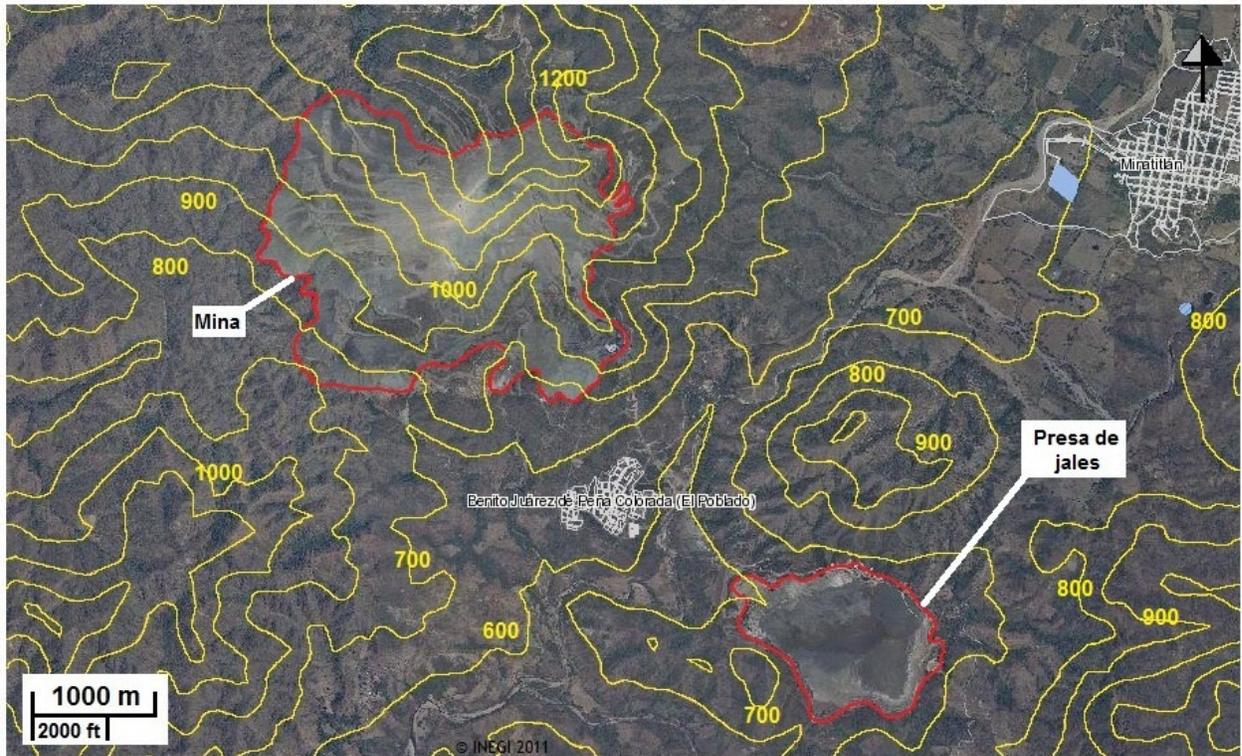


Figura A.1.1. 3 Mapa topográfico de la zona de estudio de la mina
Fuente: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>

La extensión del municipio es de 5,600 hectáreas, predominan los suelos arcillosos- arenosos no cementados de color rojizo.

Cuadro A.1.1. 2 Características geológicas y edafológicas del municipio de Minatitlán

Roca	Ígnea intrusiva: granito (52.59%) y granito-granodiorita (0.01%) Ígnea extrusiva: volcanoclástico (10.31%), andesita (3.69%) y dacita (0.17%) Sedimentaria: caliza (22.60%), volcanosedimentaria (3.68%) y areniscaconglomerado (2.35%) Suelo: aluvial (3.90%) y lacustre (0.13%)
Suelo dominante	Regosol (43.32%), Leptosol (23.65%), Cambisol (18.04%), Andosol (9.88%), Phaeozem (2.60%), Luvisol (1.49%) y Vertisol (0.45%)

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Minatitlán, Colima

En el área de explotación y de la presa de jales se ha encontrado caliza, lutita, con diferente mineralogía (cuarzo, calcita, plagioclasa, etc.), conglomerado y también se observa la presencia de roca con composición andesítica alterada muy cerca de la superficie (0.80 a 1.20 m), que en su mayoría ha sufrido procesos de metamorfismo y es de baja permeabilidad.

Ficha 6. 2

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.1.	Tierra-Suelo
Factor	A.1.2.	Erosión

La erosión es un proceso natural que consiste en la pérdida paulatina de los horizontes edáficos ocasionada por agentes hídricos, eólicos, kársticos, marinos y glaciales, siendo los dos primeros los más representativos en el territorio mexicano. Las actividades humanas pueden incrementar la velocidad de erosión con efectos ambientales más severos que los que ocurren de manera natural.

Colima presenta una distribución conservada de sus recursos naturales suelo, agua y vegetación. No obstante, los cambios económicos del país han llevado a que en el estado se establezcan nuevos asentamientos de índole irregular en la periferia de las ciudades o de los centros de trabajo, ocasionando un fuerte impacto en los recursos circundantes.

Los municipios que mantienen los recursos más valiosos y los más diversos son aquellos que tienen una fragilidad muy alta, tal es el caso de Manzanillo, Minatitlán, Coquimatlán, Armería, Comala, Cuauhtémoc y Villa de Álvarez. En general el municipio de Minatitlán por sus características y uso de suelo presenta una susceptibilidad de moderada (10 – 50 ton/ha/año) a alta (50 – 200 ton/ha/año) a la erosión (FAO). Este tipo de susceptibilidad se distribuye principalmente en las zonas montañosas.

Cuadro A.1.2. 1 Tasas de erosión representativas para diferentes coberturas de suelo

Coberturas de suelo	Ton/ha/año	Ton/mi2/año	Relativa al bosque =1
Bosque	0.085	24	1
Pastizal	0.850	240	10
Cultivos	17.000	4 800	200
Agroforestal	42.500	12 000	500
Construido	170.000	48 000	2 000

Fuente: Canter L. Environmental Health Impact Assessment, Pan American Venter for Human Ecology and Health, México, 1986

NOTA: Tasas más precisas pueden ser obtenidas mediante la ecuación universal de pérdida de suelos, sin embargo, los valores dados son muy utilizados y aceptados para una aproximación.

Ficha 6. 3

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.2.	Agua
Factor	A.2.1.	Calidad del agua superficial

La calidad del agua no es un criterio completamente objetivo, pero está socialmente definido y depende del uso que se le piense dar al líquido (WRI, 2000), por lo que cada uso requiere un determinado estándar de calidad en sus características físicas, químicas y biológicas, además, de la presencia de ciertas sustancias, materiales, organismos y condiciones que le imparten. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua se debe ubicar en el contexto del uso probable que tendrá.

El área de estudio se encuentra ubicada en la Región Hidrológica Costa de Jalisco (RH15) Río Chacala – Purificación (tiene una extensión superficial es de 2,134.00 km²). La microcuenca Ayotitlán se ubica al sur del Estado de Jalisco y en el Noroeste del Estado de Colima. Tiene una superficie de 16,780 km² y está conformada por los ríos Ayotitlán y Minatitlán que posteriormente se unen para formar el río Marabasco que pertenece a la subcuenca Chacala. El río Minatitlán; tiene su nacimiento al norte de Minatitlán (Sierra de Manantlán) con volumen de agua medio anual transportado de 100 millones de metros cúbicos, drenando un área total de 2311 km² en la Cuenca compartida de Chacala-Purificación.



Figura A.2.1. 1 Mapa de la región hidrológica N°15 (RH15)

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

En el río Minatitlán se hicieron varios estudios para determinar el estado de la calidad del agua junto con la concentración de metales disueltos ya que pueden ser tóxicos; esto depende de su concentración, por lo que su cuantificación en cuerpos de agua (lagos, ríos, etc.) es importante. Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a consumidores de agua, sistemas de tratamiento de aguas residuales y cuerpos receptores.

Como resultado de la recopilación de información se obtuvo un resumen de las zonas de muestreo de agua y sedimento en el Río Minatitlán y la concentración de cada uno de los parámetros medidos en los años correspondientes.

Cuadro A.2.1. 1 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio 1995, 1996, 1998

CONCENTRACION DE PARAMETREOS EN EL AGUA											
UBICACIÓN	PARAMETRO	UNIDAD	ESTACION (AÑOS)								
			1			2			3		
			1995	1996	1998	1995	1996	1998	1995	1996	1998
 <p>1.- PRESA DE JALES 2.- PEÑA COLORADA (ARRIBA) 3.- PEÑA COLORADA (ABAJO)</p>	Temperatura	°C	-	-	25.9	27.3	24.6	24.5	29.2	27	25.9
	pH	Unidades de pH	-	-	7.5	8.1	8.3	8.2	8	8.1	8
	OD	mg/l	-	-	6.4	5.8	7.1	6.9	6	6.1	7.3
	DBO5	mg/l	-	-	2.3	1.48	1.6	1.75	2.35	1.93	2.27
	Grasas y aceites	mg/l	-	-	4.1	3.7	6	3.8	5.1	7.8	4.1
	Dureza total	mg/l	-	-	1010	630	675	670	710	750	775
	Dureza cálcica	mg/l	-	-	850	445	470	400	500	530	500
	Sulfatos disueltos	mg/l	-	-	1200	410	500	390	550	590	435
	Cloruros	mg/l	-	-	18	3.3	4	2	5.2	6.1	3.9
	Sólidos totales	mg/l	-	-	1800	900	950	1090	1100	1100	1080
	Sólidos suspendidos totales	mg/l	-	-	16	15	7	25	25	16	32
	Sólidos disueltos	mg/l	-	-	1800	900	950	980	1070	1085	1030
	Conductividad	umhos/cm	-	-	1500	1070	990	986	1200	1130	1000
	Coliformes totales NMP/100	NMP/100	-	-	1050	600	991	5100	2400	1460	4700
	Coliformes fecales NMP/100	NMP/100	-	-	350	290	210	200	2300	1000	500
Nitritos	mg/l	-	-	-	0.4	0.46	-	0.69	0.78	-	

Fuente: Comisión Nacional del Agua

Cuadro A.2.1. 2 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio 2001

CONCENTRACION DE METALES PESADOS DETERMINADOS EN SEDIMENTOS				
UBICACIÓN	PARAMETRO	UNIDADES	ESTACION (2001)	
			1	2
 <p>1.- PEÑA COLORADA (MINA ABAJO) 2.- PUENTE MINATITLAN</p>	Corg.	%	0.72	0.17
	Carbonato	%	5.1	4.2
	Al	%	9.4	8.7
	Ca	%	2.3	2.2
	Fe	%	6.5	5
	P	%	0.15	0.086
	Mn	%	0.15	0.091
	Cd	ppm	0.046	0.057
	Cr	ppm	8.7	3.9
	Cu	ppm	47.4	22
	Ni	ppm	12.9	6.4
	Pb	ppm	3.8	2.2
	Zn	ppm	104	46
	Hg	ppm	0.022	0.003

Fuente: Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostinos del río Marabasco, México

Cuadro A.2.1. 3 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio, 2003

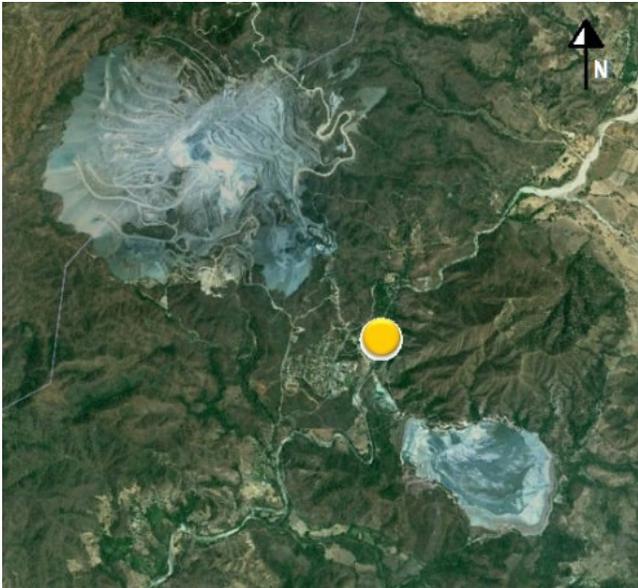
CONCENTRACION DE METALES PESADOS DISUELTOS EN EL AGUA

UBICACIÓN	PARAMETROS	UNIDADES	ESTACION 2003	
			1	2
 <p>1.- SAN ANTONIO 2.- MINA ABAJO</p>	V	µg/l	3.16	2.71
	Cr	µg/l	4.17	3.72
	Mn	µg/l	4.41	34.3
	Co	µg/l	0.44	2.06
	Ni	µg/l	5.65	6.27
	Cu	µg/l	2.77	1.53
	Zn	µg/l	13.4	2.02
	As	µg/l	0.24	3.69
	Se	µg/l	1.09	5.36
	Cd	µg/l	0.27	0.27
	Sb	µg/l	0.26	0.25
	Ti	µg/l	0.32	0.32
	Pb	µg/l	0.07	0.34

Fuente: Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostinos del Río Marabasco, México

Cuadro A.2.1. 4 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio, 2003

CONCENTRACION TOTAL DE METALES PESADOS DETERMINADOS EN SEDIMENTOS

UBICACION	ELEMENTO	UNIDAD	MINA (2003)
	Al	%	9.05
	Ca	%	1.55
	Fe	%	5.875
	P	%	0.088
	Mn	ppm	1200
	Cd	ppm	0.026
	Cr	ppm	10
	Cu	ppm	39.2
	Ni	ppm	11
	Pb	ppm	3.75
	Zn	ppm	77
	Hg	ppm	0.022
	Corg	%	0.89
	Carbonatos	%	1.55

Fuente: Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostinos del río Marabasco, México

Cuadro A.2.1. 5 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio, 2005

CONCENTRACION TOTAL DE METALES PESADOS DETERMINADOS EN SEDIMENTOS

UBICACIÓN	PARÁMETROS	UNIDADES	ESTACION (2005)	
			1	2
 <p>1.- PEÑA COLORADA 2.- MIA ARRIBA</p>	Cadmio	mg/kg	0.34	0.15
	Cobalto	mg/kg	17.5	94.6
	Cobre	mg/kg	30	96.2
	Hierro	mg/kg	59	48
	Niquel	mg/kg	16	26.1
	Plomo Pb	mg/kg	7.7	2.1
	Zinc	mg/kg	95	71

Fuente: Total and labile metals in surface sediments of the tropical river-estuary system of Marabasco (Pacific coast of Mexico): Influence of an iron mine, Ana Judith Marmolejo-Rodríguez, México

Cuadro A.2.1. 6 Resultados de muestreos realizados en la zona de estudio, 2010

CONCENTRACION DE PARAMETREOS EN EL AGUA

UBICACIÓN	PARÁMETRO	UNIDADES	2010		
			PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO
 <p>Nota Ubicación aproximada</p>	pH		7.39	7.23	7.52
	Conductividad	(uS/cm)	253.25	63.5	402
	Sólidos suspendidos totales	(mg/l)	MENOR AL LIMITE DE DETECCION		
	DBO	(g O2/l)	MENOR AL LIMITE DE DETECCION		
	Grasas y aceites	(mg/l)	MENOR AL LIMITE DE DETECCION		
	Sólidos disueltos totales	(mg/l)	450	300	800
	Cianuro total	(mg/l)			
	Coliformes fecales	(NMP/100 ml)	29	4	93
	Sulfatos	(mg/l)	4.05	1.87	8.59

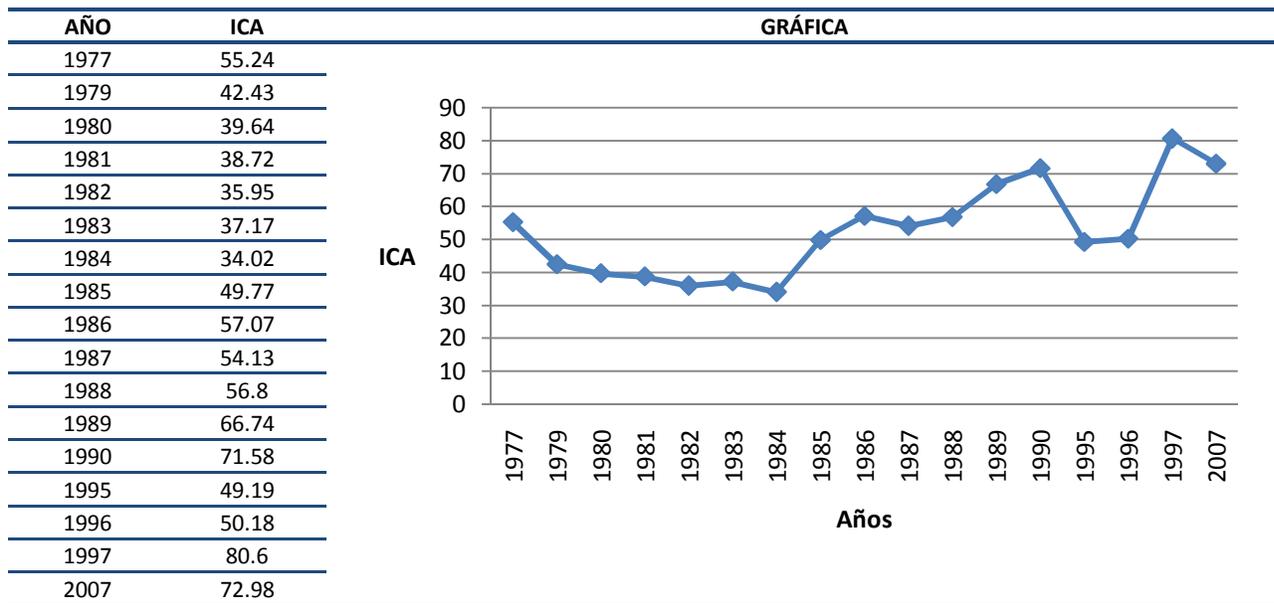
Fuente: Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del Ambiente, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

Por su parte la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha realizado monitoreo de la calidad del agua en varios puntos del Río Marabasco para la obtención del Índice de Calidad del Agua (ICA), este método indica el grado de contaminación del agua

a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, un agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100% (VEASE ANEXO B).

Como se puede ver en el Cuadro A.2.1.7 la calidad del agua se considera contaminada en los años de 1979 a 1985 esto se debe principalmente al aporte de aguas usadas en la agricultura por lo que su calidad se ha visto afectada, sin embargo, en la concentración de metales no se encuentra una concentración significativa o importante (hay que considerar que eliminar es una zona con concentraciones altas de minerales) su calidad ha ido mejorando lo que puede estar relacionadas con las mejores prácticas de agricultura y aun así la concentración de metales no es significativa en los estudios realizados, sin embargo, en época de lluvias o en fallas en el transporte de mineral ocurren descargas y fugas tanto de residuos y el mineral concentrado con agua.

Cuadro A.2.1. 7 Índice de Calidad del Agua de la zona de estudio



Fuente: Red Nacional de Monitoreo CONAGUA

Ficha 6. 4

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.2.	Agua
Factor	A.2.2.	Recarga acuífero

La Zona Geohidrológica del Acuífero Minatitlán, se encuentra ubicada totalmente en el Municipio de Minatitlán, y sus principales Poblaciones se encuentran en Minatitlán, Las Guásimas y Benito Juárez de Peña Colorada, su principal actividad es la minería, agricultura y comercio. (INEGI)

El Acuífero Minatitlán tiene una extensión superficial de 9.75 km² y un área, incluida su zona de recarga (Zona Geohidrológica), de 175.00 km²; se ubica en la parte alta del Estado de Colima dentro de la Región Hidrológica N° 15 Municipio de Minatitlán Colima, Figura A.2.2.1.



Figura A.2.2. 1 Zona geohidrológica y de recarga

Fuente: Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, 2009

Respecto a la situación administrativa del acuífero, se tienen dos decretos de veda de aguas del subsuelo, la primera fue publicada el 20 de agosto de 1973 y comprende la Costa de Colima, cuya extensión y límites geopolíticos corresponden a los Municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán, del Estado de Colima. El segundo decreto fue publicado el 21 de septiembre de 1984 y corresponden a los municipios de: Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Minatitlán y Villa de Álvarez. El tipo de veda que se decreta es de control de las extracciones, uso o aprovechamiento de aguas del subsuelo de dicha zona.

El acuífero es de tipo libre, lo constituyen depósitos aluviales formados por mezclas de gravas y arenas en espesores que varían de (10 – 50) m. Este acuífero se constituye a partir de que en la estribación Sur de la Sierra de Manantlán nace el Río Minatitlán - Marabasco el cual 8 km aguas abajo cruza el Valle denominado Minatitlán, en el que toda el agua que llueve escurre hacia el centro incrementando el volumen de este; que a su vez, forma una serie de meandros con la erosión de los depósitos aluviales y fluviales (de gran permeabilidad) poco consolidados. (GEOEX)

Las principales recargas provienen del Río Minatitlán y de sus afluentes, como es el caso de los arroyos: La Loma, El Rincón, La Mesa; El Tío Nacho, Bonete y El Peón; también recibe recarga de la precipitación pluvial directa. Su descarga se efectúa por salida de flujo de agua subterránea y extracción por bombeo de agua subterránea, (GEOEX). El acuífero tiene actualmente un uso industrial por parte de la empresa Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada y existen distritos y unidades de riego por bombeo de aguas subterráneas.

Cuadro A.2.2. 1 Características de volumen, disponibilidad y uso del acuífero Minatitlán

CARACTERÍSTICAS	Mm ³ (millones de metros cúbicos)
Recarga media anual	10.1
Descarga natural comprometida	1.7
Volumen concesionado de agua subterránea	6.515149
Volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos	5.6
Disponibilidad media anual de agua subterránea	1.87485
Aprovechamiento (pozos)	8
Uso del agua	INDUSTRIAL

Fuente: Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, 2009

Ficha 6. 5

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.3.	Clima
Factor	A.3.1.	Régimen térmico

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García, el área donde se ubica Peña Colorada presenta el clima Aw2 y corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y sequía en invierno, es intermedio en relación a la humedad del grupo, con una precipitación en invierno menor del 5% con respecto al total anual (García, 1980).

La estación con datos de precipitación y temperatura más cercana al sitio de estudio es la estación "Minatitlán" de la CNA que se encuentra en las coordenadas 19°23'10" N y 104°03'13" W a una altura de 750 msnm.

Cuadro A.3.1. 1 Principales temperaturas medias registradas en la estación Minatitlán

Año	Temperatura	Año	Temperatura
1964	23.4	1988	23.1
1965	23.1	1989	22.7
1966	22.8	1990	23.6
1967	22.9	1991	22.5
1968	22.5	1992	22.4
1969	23.6	1993	23.7
1970	23.4	1994	21.4
1971	23	1995	21.2
1972	23.7	1996	23.9
1973	23.4	1997	23.7
1974	26.3	1998	23.4
1975	25.8	1999	21.5
1976	26	2000	23.6
1977	24.2	2001	23.5
1978	22	2002	23.9
1979	22	2003	23.4
1980	23.3	2004	23.4
1981	22.2	2005	23.3
1982	22.3	2006	24
1983	21.3	2007	24
1984	21.5	2008	23.5
1985	21.1	2009	23.9
1986	21.2	2010	23
1987	22.7		

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, (2010)

Ficha 6. 6

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico
Componente	A.3.	Clima
Factor	A.3.2.	Precipitación

La precipitación promedio anual para esta estación es de 1347.9 mm, en el Cuadro A.3.2.1 se muestran los datos de precipitación registrados en la estación “Minatitlán” correspondientes a los años de 1958 al 2010.

Cuadro A.3.2. 1 Precipitación pluvial en mm medida en la estación meteorológica de Minatitlán (1958 al 2010)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1958	EN JUNIO SE INICIO LA ESTACIÓN					40.3	163.5	242.6	164.7	261	150.5	20.9	1043.5
1959	14.0	0.0	0.0	88.5	6.0	143	432.5	356	305.5	S/D	S/D	S/D	1345.5
1960	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	101.5	242.5	261	313.5	112.5	1.0	29.5	1061.5
1961	72.0	0.0	0.0	0.0	2.5	391.0	435.0	264.5	390.0	87.5	57.0	0.0	1699.5
1962	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	245.0	299.0	518.0	390.5	147.0	19.0	23.0	1644.5
1963	0.0	0.0	0.0	1.5	7.5	267.0	458.0	501.4	395.8	169.5	11.5	44.5	1856.7
1964	0.5	0.0	1.0	0.5	0.0	299.6	279.3	276.3	388.0	58.4	14.0	34.0	1352.6
1965	12.5	26.0	0.0	36.5	17.0	133.5	285.7	287.0	333.0	139.5	7.0	94.0	1371.7
1966	8.0	15.0	0.0	25.0	19.0	241.5	350.5	275.5	417.0	195.0	12.0	0.0	1558.5
1967	208.5	8.9	0.0	0.0	19.0	142.5	344.5	231.5	511.5	206.7	34.5	35.0	1742.6
1968	0.0	39.0	164.8	0.0	0.0	65.0	205.0	302.9	563.0	127.0	44.0	81.1	1591.8
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0	299.5	340.5	474.5	322.5	0.0	10.5	1508.5
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	273.0	378.0	371.6	389.0	78.0	0.0	0.0	1489.6
1971	3.5	0.0	1.0	0.0	0.0	293.0	459.5	381.5	195.0	275.0	7.0	2.0	1617.5
1972	19.5	0.0	0.0	0.0	83.5	233.0	386.0	324.0	319.0	165.5	114.0	0.0	1634.5
1973	24.0	16.0	0.0	3.0	5.0	236.5	250.5	489.5	458.5	204.0	7.0	0.0	1694
1974	0.0	5.0	0.0	3.0	126.5	399.6	375.5	426.0	388.5	60.0	18.5	60.0	1862.6
1975	9.0	0.0	0.0	0.0	20.0	356.0	642.5	878.5	437.5	398.5	5.0	0.0	2747
1976	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	597.5	883.5	474.0	308.0	78.0	132.0	7.0	2507
1977	3.0	0.0	0.0	0.0	7.0	246.5	416.0	352.0	302.5	7.9	33.1	1.0	1369
1978	21.5	24.9	0.0	0.0	0.0	243.4	240.6	334.9	400.4	122.0	INAP	26.0	1413.7
1979	5.4	13.4	0.0	0.0	0.0	56.0	378.1	435.2	281.5	36.9	0.0	18.6	1225.1
1980	190.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.9	S/D	S/D	249.5	S/D	S/D	0.0	568.4
1981	130.9	S/D	S/D	S/D	0.0	139.0	227.8	325.5	533.7	108.3	8.0	5.0	1478.2
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.7	322	S/D	249.5	26.6	S/D	S/D	675.8
1983	49.5	27.0	0.0	0.0	222.0	129.6	274.0	392.7	308.2	140.0	22.9	0.0	1565.9
1984	40.3	0.0	0.0	0.0	22.2	354.0	401.0	279.0	445.1	48.7	S/D	S/D	1590.3
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	149.9	454.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	604.5
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	152.6	314.1	S/D	S/D	S/D	0.0	466.7
1987	0.0	20.2	0.0	S/D	S/D	S/D	472.7	88.8	212.3	20.1	0.0	S/D	814.1
1988	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	445.6	378.5	43.3	0.0	0.0	867.4
1989	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	107.4	366.6	446.6	S/D	135.3	1.0	S/D	1056.9
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.0	296.4	S/D	417.6	146.9	0.0	0.0	1074.9
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.3	S/D	285.5	189.3	60.5	79.2	53.4	848.2
1992	103.9	9.0	0.0	0.0	0.0	69.8	433.2	485.9	258.5	252.9	33.2	67.5	1713.9
1993	34.5	19.3	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	380.5	153.6	S/D	S/D	587.9
1994	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	244.9	240.5	333.3	148.60	0.00	2.90	1017.6
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	140.9	495.4	707.9	0.00	0.00	0.00	1344.2
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	35.2	310.0	304.6	285.1	143.6	306.50	31.40	0.00	1416.4
1997	2.0	0.0	17.0	24.0	3.4	50.0	296.9	D/I	390.5	223.1	S/D	18.3	1025.2
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112.3	400.1	392.0	586.9	174.3	19.4	0.0	1685
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	453.8	270.7	643.0	402.6	0.0	0.0	0.0	1772.4
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	59.7	153.5	228.0	326.9	237.7	33.3	24.0	3.4	1066.4
2001	0.0	0.0	43.5	0.0	0.0	171.9	268.5	235.3	396.1	116.2	6.9	0.0	1238.4
2002	39.7	0.0	0.0	0.0	0.0	131.7	390.7	82.6	439.2	180.0	0.0	0.0	1263.9
2003	35.3	67.2	0.0	0.0	22.3	113.6	156.8	189.9	440.5	321.7	0.0	0.0	1347.3
2005	7.5	10.4	13.0	0.0	0.0	141.5	244.3	160.0	221.2	40.0	0.0	0.0	837.9
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	154.9	197.7	122.1	420.2	188.1	23.9	10.2	1117.1
2007	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	180.1	262.3	591.6	185.9	163.1	0.0	0.0	1384.2
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	278.5	159.0	325.1	320.6	147.3	0.0	55.2	1285.7
2010	16.0	260.3	0.0	0.0	0.0	47.8	415.0	323.3	600.1	29.0	0.0	0.0	1691.5
SUMA	1095.0	562.8	240.3	185.0	680.1	8946.0	15586.5	15800.9	17575.9	6459.8	917.0	703.0	68743.2
PROM	22.8	12.0	5.1	4.0	14.5	190.3	331.6	351.1	366.2	137.4	21.8	16.0	1347.9
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.9	82.6	143.6	0.0	0.0	0.0	466.7
MAX	208.5	260.3	164.8	88.5	222.0	597.5	883.5	878.5	707.9	398.5	150.5	94.0	2747

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal en Colima. Subgerencia Técnica. Departamento de Hidrometeorología, INEGI

Ficha 6.7

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	B.	Medio biológico
Componente	B.1.	Flora
Factor	B.1.1.	Vegetación natural terrestre

Dada la estructura orográfica del municipio, la vegetación es variada y boscosa, predominan en las partes bajas los arbustos y los matorrales. La subcuenca Ayotitlán donde se encuentra el municipio de Minatitlán, presenta vegetación dominante de bosque seguido por la selva como se muestra en el Cuadro B.1.1.1.

Cuadro B.1.1. 1 Tipos de vegetación de la subcuenca Ayotitlán

Tipo de vegetación	Superficie	Porcentaje
Bosque de encino	16,727.05	50%
Bosque de encino-pino	977.60	3%
Bosque de pino-encino	1,882.37	6%
Bosque mesófilo de montaña	807.75	2%
Agricultura y otros usos	6,131.80	18%
Selva baja caducifolia	5,096.10	15%
Selva mediana subcaducifolia	1,808.03	5%
Total	33,430.70	

Fuente: Uso de suelo Serie III, INEGI, 2004

De acuerdo con la clasificación de uso del suelo, la vegetación en la zona del proyecto corresponde a comunidades secundarias derivadas del bosque tropical subcaducifolio y selva con uso agrícola o ganadero en diferentes estadios sucesionales. Algunas áreas corresponden a superficie más o menos amplias de pastizales como se puede ver en la figura B.1.1.1.

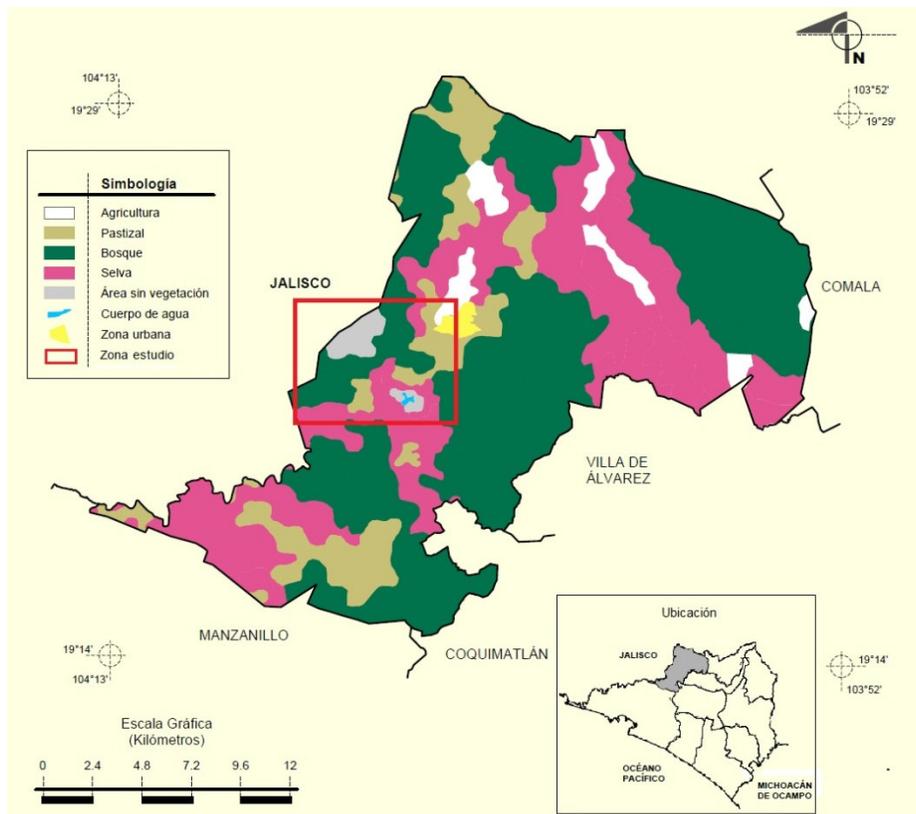


Figura B.1.1. 1 Tipo de vegetación en el municipio de Minatitlán

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Minatitlán Colima

Para el caso de la Selva Baja Caducifolia las especies dominantes son; Higuero (*Ficus insípida*), *Annona purpurea*, *Enterolobium ciclocarpum*, *Psidium sartorianum* y *Guazuma ulmafolia*. El Bosque de Encino Caducifolio tiene como especies dominantes a los encinos y pinos como la *Quercus resinosa*, *Quercus salicifolia*, *Cochlospermum vitifolium* y *Senna acuminata*. Algunas especies vegetales usados en el área de estudio se muestran en el Cuadro B.1.1.2.

Cuadro B.1.1. 2 Nombre y aprovechamiento de algunas especies vegetales en la cuenca de Ayotitlán

Nombre Común	Nombre científico	Aprovechamiento y uso forestal
Encinares subcaducifolios		
(Encinos)	<i>Arbutus xalapensis</i>	Árbol, se obtiene madera para las construcciones de las casas principalmente para hacer cualquier mueble rústico. También se usa para leña.
	<i>Quercus laurina</i>	
	<i>Clethra mexicana</i> .	
	<i>Q. candicans</i>	
	<i>Q. conspersa</i>	
	<i>Q. crassipes</i>	
	<i>Q. uroxis</i> y <i>Clethra hartwegii</i>	
Encinares caducifolios		
(Robleras)	<i>Quercus castanea</i>	Árbol utilizado principalmente como leña en los hogares
	<i>Q. glaucens</i>	
	<i>Q. magnoliifolia</i>	
	<i>Q. obtusata</i>	
	<i>Q. resinosa</i> y <i>Acacia pennatula</i>	
(Pinos)	<i>Nelsoni</i>	Cuando son aprovechados se utilizan para la elaboración de piezas para la construcción, además, se pueden hacer muebles
	<i>tseudostrobus</i>	
	<i>hauregui</i>	
	<i>P. herrerae</i>	
	<i>P. leiophylla</i>	
Guazima	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Obtención de madera para fabricar sillas rústicas
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Sombra para el café
Primavera	<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Ornamental
Capulín	<i>Erythrina</i>	Consumo de la población
Milpilla	<i>Zea diploperennis</i>	En protección
Orquídeas	<i>Epidendrum parkinsoniaum</i>	En protección
	<i>Brassavola cucullata</i>	En protección
Sauce	<i>Salix sp.</i>	Para sombra del café
Bugambilia		Para ornamento
Higuera	<i>Picus Padifolia</i>	Para sombra del café
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	Consumo humano
Agave	<i>Agave colimana</i>	

Fuente: Uso de suelo Serie III, INEGI, 2004

También incluye a comunidades con especies arbóreas no espinosas, de talla modesta que pierden sus hojas durante la época seca. Se encuentra distribuido en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1600 m, sobre suelos someros de drenaje rápido sobre laderas de cerros (Rzedowski y McVaugh, 1966), este tipo de vegetación puede llegar a mezclarse con el encinar caducifolio en terrenos con mayor altitud. Su estructura y composición florística en el predio corresponde a individuos de 4-12 m.

Ficha 6. 8

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	B.	Medio biológico
Componente	B.1.	Flora
Factor	B.1.2.	Especies en peligro de extinción

Como se mencionó anteriormente, la vegetación correspondiente a la zona de estudio es al bosque tropical subcaducifolio y selva. Mediante la recopilación de información de varios estudios realizados alrededor de la zona y la cercanía con la Sierra de Manatlán, se hizo un listado con las principales especies de la región (Cuadro B.1.2.1) así como su categoría correspondiente a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro B.1.2. 1 Lista de las principales especies catalogadas en el área de estudio

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	CATEGORÍA
ACACIA ACATLENSIS	ESPINO BLANCO	LEGUMINOSAE	-
ACACIA FARNESIANA	HUISACHE	-	-
ACACIA HINDSII	JARRETADERA	LEGUMINOSAE	-
ACACIA MACRACANTHA	ESPINO	FABACEAE	-
ACACIA PENNATULA	HUIZACHE	FABACEAE	-
ACROCOMIA ACULEATA	COYOL	ARECÁCEAS	-
AGAVE COLIMANA	AGAVE	AGAVACEAE	-
AMARANTHUS HYBRIDUS	QUELITE	AMARANTHACEAE	-
ANDIRA INERMES	ALMENDRO DE RÍO	FABACEAE	-
ANNONA PURPUREA	SONCOYA, SINCUYA O CABEZA DE NEGRO	ANNONACEAE	-
APHANANTHE MONOICA	SISIMITE	ULMACEAE	-
ARBUTUS XALAPENSIS	MADROÑO	ERICACEAE	-
ARDISIA COMPRESSA	-	MYRSINACEAE	-
ASTRONIUM GRAVEOLENS	PALO CULEBRO	ANACARDIACEAE	A
BRASSAVOLA CUCULLATA	ORQUIDEA	ORCHIDACEAE	P
BROSIMUM ALICASTRUM	HOJA DE MOJO JOVEN, RAMÓN	MORACEAE	-
BURSERIA BIPINNATA	COPAL CHI- NO, SANTO	BURSERACEAE	-
BURSERIA SIMARUBA	PAPELILLO	BURSERACEAE	-
BYTTNERIA CATALPIFOLIA	-	STERCULIACEAE	-
CASEARIA ARGUTA	CAFÉ DEL DIABLO	FLACOURTIACEAE	-
CASEARIA CORYMBOSA	CERITO	FLACOURTIACEAE	-
CHAMAEDOREA POCHUTLENSIS	CANELILLA, CHAMADOREA	ARECACEAE	A
CLETHRA MEXICANA	JABONCILLO, PALO CUCHARO,	CLETHRACEAE	-
COCHLOSPERMUM VITIFOLIUM	ROSA AMARILLA	-	-
CORDIA ALLIODORA	HINCHA HUEVOS	ANACARDIACEAE	-
CRESCENTIA ALATA	HUAJE CIRIAL, JÍCARO, TECOMATE	BIGNONIÁCEAS	-
CYNODON DACTYLON	PATA DE GALLO	GRAMINAE	-
DALBERGIA CONGESTIFLORA	TAMPICIRÁN	LEGUMINOSAE	P
DENDROPANAX ARBOREUS	CAJETA, HOJA FRESCA, MANO DE SAPO	ARALIACEAS	-
ENTADA POLYSTACHYA	-	LEGUMINOSAE	-
ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM	PAROTA	LEGUMINOSAE	-
EPIDENDRUM PARKINSONIAUM	ORQUÍDEA	ORQUIDACEAE	P
ERYTHRINA	CAPULÍN	FABACEAE	A
FEROCACTUS REPPANHEGENNI	BIZNAGA	-	P
FICUS MAXIMA	HIGUERÓN	MORACEAE	-
FICUS PRINGLEI	-	MORACEAE	-
FRAXINUS UHDEI	FRESNO	OLEACEAE	-
GUADUA AMPLEXIFOLIA	OTATE	POÁCEAS	-
GUAZUMA ULMIFOLIA	GUAZIMA	MALVÁCEAS	-
GYROCARPUS JATROPHIFOLIUS	-	HERNANDIÁCEAS	-
HELIOCARPUS TEREBINTHINACEUS	MAJAGUA, TRIPA DE JUDAS	TILIACEAE	-
HYPARRHENIA RUFA	JARAGUA	GRAMÍNEA	-

Análisis multitemporal para la evaluación de impacto ambiental de una mina de hierro a cielo abierto

LEUCAENA LEUCOCEPHALA	IPIL	FABACEAE	-
LIPPIA UMBELLA	-	LAMIACEAE	-
LONCHOCARPUS SALVADORENSIS	-	FABACEAE	-
LYSILOMA ACAPULCENSE	ALGODONCILLO	-	-
LYSILOMA MICROHYLLUM	TEPEMEZQUITE	LEGUMINOSAE	-
MACHAERIUM SALVADORENSE	-	LEGUMINOSAE	-
MANILKARA ZAPOTA	NÍSPERO, CHICO ZAPOTE	SAPOTACEAE	-
MIMOSA PIGRA	SIERRILLA	LEGUMINOSAS	-
NECTANDRA HIHUA	LAUREL	LAURACEAE	-
OPUNTIA ATROPES	NOPAL	-	-
PINUS HERRERA	PINO	PINACEAE	-
PINUS LEIOPHYLLA	PINO	PINACEAE	-
PANICUM MAXIMUM	PASTO GUINEA	GRAMÍNEA	-
PICUS PADIFOLIA	HIGUERA	MORACEAE	-
PISONIA ACULEATA	-	NYCTAGINACEAE	-
PITHECELLOBIUM DULCE	GUAMUCHIL	FABACEAE	-
PLATYMISCIUM LASIOCARPUM	GRANADILLO	LEGUMINOSAE	P
POPULUS GUZMANANTLENSIS	-	SALICÁCEAS	PR
PSEUDOBOMBAX ELLIPTICUM	CLAVELLINA	-	-
PSIDIUM GUAJAVA	GUAYABA	GUAYABA	-
PSIDIUM SARTOTIANUM	ARRAYÁN	MYRTACEAE	-
QUERCUS CANDICANS	ENCINO	FAGACEAE	-
QUERCUS CONSPERSA	ENCINO	FAGACEAE	-
QUERCUS CRASSIPES	ENCINO CHILLO	FAGACEAE	-
QUERCUS GLAUCESCENS	ENCINO BLANCO	FAGACEAE	-
QUERCUS OBTUSATA	ROBLERAS	FAGACEAE	-
QUERCUS RESINOSA	ENCINO AMARILLO	FAGACEAE	-
QUERCUS UROXIS Y CLETHRA HARTWEGII	ENCINO	FAGACEAE	-
QUERCUS CASTANEA	ROBLERAS	FAGACEAE	-
QUERCUS LAURINA	ENCINO	FAGACEAE	-
QUERCUS MAGNOLIFOLIA	ROBLERAS	FAGACEAE	-
QUERCUS SALICIFOLIA	ROBLERAS	FAGACEAE	-
RICINUS COMMUNIS	HIGUERILLA	FAGACEAE	-
SALIX SP.	SAUCE	SALICACEAE	-
SAPIUM PEDICELLATUM	MATAIZA	EUFORBIÁCEAS	-
SIDEROXYLON CAPIRI	ÁRBOL DE TEMPISQUE, DANTO AMARILLO	CHRYSOPHYLLOIDEAE	A
SLOANEA TERNIFLORA	TERCIOPELO, PICA PICA	ELAEOCARPACEAE	PR
SPONDIAS PUPUREA	JOCOTE, CIRUELO	ANACARDIACEAE	-
STEMMADENIA TOMENTOSA	-	APOCYNACEAE	-
TABEBUIA CHYSANTHA	VERDECILLO	BIGNONIACEAE	A
TABEBUIA DONNELL-SMITHII	PRIMAVERA	BIGNONIACEAE	-
TABEBUIA ROSEA	ROSA MORADA	BIGNONIACEAE	-
THOUINIA SERRATA	-	SAPINDACEAE	-
TRIUNFETTA SEMITRILOBA	HUIZAPOL	MALVACEAE	-
URERA CARACCASANA	URTIGILLA	UMBELLIFAREAE	-
VERBESINA GREENMANNII	-	ASTERACEAE	-
ZAMIA LODDIGESII	PALMICHE, AMIGO DEL MÁIZ, PALMILLA	ZAMIACEAE	A
ZANTHOXYLUM FAGARA	COLIMA, CORREOSA, UÑA DE GATO	RUTACEAE	-
ZEA DIPLOPERENNIS	MILPILLA	POACEAE	A

Nota: se considera (P) En peligro de extinción, (A) Amenazada, (PR) Sujeta a protección especial, (E) Probablemente extinta en el medio silvestre.

Ficha 6.9

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	B.	Medio biótico
Componente	B.2.	Fauna
Factor	A.2.1.	Especies en peligro de extinción

La fauna presente en el sitio del proyecto y en la región depende de factores físicos y biológicos, uno de estos factores es el tipo de vegetación. El sistema ambiental donde se ubica el sitio de interés presenta varios tipos de vegetación, dominando el Bosque de Encino y en menor proporción el Bosque Tropical Caducifolio y en áreas de arroyos cercanos, selva mediana subcaducifolia; esta mezcla es un hábitat importante para las aves residentes y migratorias que la utilizan para invernar, descansar y alimentarse, lo mismo para los mamíferos.

Debido a la movilidad propia de la fauna, no es posible tener el inventario completo del sitio y del Sistema Ambiental, por lo que se revisaron proyectos que se están desarrollando en la zona o región, para fortalecer el inventario del sitio, como es el caso de estudios de exploración minera como La Mariana, el Rincón, entre otros, que nos permite suponer la presencia de las especies.

Un aspecto importante es que dada la estructura orográfica del municipio de Minatitlán, existen un gran número de especies de fauna, muchas de las cuales son cazadas ya sea por deporte o para alimento, las especies más afectadas en este aspecto son: venado cola blanca, jabalí, güilota alas blancas, armadillo, iguana, que están en la categoría de protección (Cuadro B.2.1.1).

B.2.1.1 Listado de las principales especies de fauna en la zona de estudio

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORIA
ACCIPITER COOPERII	GAVILÁN DE COOPER	NO ENDEMICA	P
ACCIPITER STRIATUS	GAVILÁN PECHO-RUFO	NO ENDEMICA	P
ACCIPITER STRIATUS	GAVILÁN	NO ENDEMICA	A
AIMOPHILA RUFICAUDA	ZACATONERO CORONA RAYADA	NO ENDEMICA	
AMAZILIA VIOLICEPS	COLIBRÍ CORONA VIOLETA	NO ENDEMICA	
AMAZONA FINSCI	COTORRA GUAYABERA		A
AMAZONA ORATRIX	LORO CABEZA AMARILLA		P
AMEIVA UNDULATA	CUIJE	NO ENDEMICA	
ANOLIS NEBOLUSUS	CUISA	ENDEMICA	PR
ARATINGA CANICULARIS	PERICO FRENTE-NARANJA	NO ENDEMICA	P
ARDERA HERODIAS	GARZÓN CENIZO		PR
ASPIDOCELIS COMMUNIS	CUIJE	ENDEMICA	P
ASPIDOCELIS LINEATISIMUS	CUIJE COLA AZUL		PR
ASTURINA NITIDA	AGUILILLA GRIS	NO ENDEMICA	
BASILEUTERUS CULICIVORUS	CHIPE CORONA DORADA	NO ENDEMICA	
BOA CONSTRICTOR	BOA	ENDEMICA	A
BOMBYCILLA CEDRORUM	AMPELIS CHINITO	NO ENDEMICA	
BUFO OCCIDENTALIS	SAPO	NO ENDEMICA	
BUTEO JAMAICENSIS	AGUILILLA COLA-ROJA	NO ENDEMICA	PR
BUTEOGALLUS ANTHRACINUS	AGUILA NEGRA		PR
CALOCITTA FORMOSA	URRACA-HERMOSA CARA BLANCA	NO ENDEMICA	
CAMPEPHILUS GUATEMALENSIS	CARPINTERO PICO PLATA	NO ENDEMICA	P
CAMPYLORHYNCHUS MEGALOPTERUS	MATRACA BARRADA	ENDEM MEX	
CAPRIMULGUS VOCIFERUS	TAPACAMINO CUERPORRÚN NORTEÑO	NO ENDEMICA	
CARDUELIS PSALTRIA	JILGUERO DOMINICO	NO ENDEMICA	
CATHARTES AURA	ZOPILOTE AURA	NO ENDEMICA	
CHAETURA VAUXI	VENCEJO DE VAUX	NO ENDEMICA	
CHONDRORHINX UNCLINATUS	GAVILAN PICO GANCHUDO		PR
COA CONSTRICTOR	LLAMACIA		A
COLUMBINA INCA	TÓRTOLA COLALARGA	NO ENDEMICA	
COLUMBINA TALPACOTI	TÓRTOLA ROJIZA	NO ENDEMICA	
CORAGYPS ATRATUS	ZOPILOTE COMÚN	NO ENDEMICA	
CORVUS CORAX	CUERVO COMÚN	NO ENDEMICA	
CROTALUS BASULISCUS	VÍBORA DE CASCABEL		PR
CTENOSAURA PECTINATA	IGUANA NEGRA	ENDEMICA	A
CYANOCORAX SANBLASIANUS	CHARA DE SAN BLAS	ENDEMICA	
CYNANTHUS LATIROSTRIS	COLIBRÍ PICO ANCHO	NO ENDEMICA	PR
CYRTONYX MONTESUMAE	CODORNIZ	NO ENDEMICA	PR
DACTYLORTYX THORACICUS	CODORNIZ		PR

Análisis multitemporal para la evaluación de impacto ambiental de una mina de hierro a cielo abierto

DASYPUS NOVEMCINCTUS	ARMADILLO	NO ENDEMICA	
DENDROICA CORONATA	CHIPE		A
DIDELPHIS VIRGINIANA	TLACUACHE	NO ENDEMICA	
DIPSAS GAIGAE	FALSA CORALILLO		PR
DRYADOPHIS MELANOLOMUS	CULEBRA VERDE		
DRYOCOPUS LINEATUS	CARPINTERO LINEADO	NO ENDEMICA	
FALCO PEREGRINUS	HALCÓN PEREGRINO	NO ENDEMICA	P
FALCO SPARVERIUS	CERNÍCALO AMERICANO	NO ENDEMICA	
FELIS CONCOLOR	PUMA		P
FORPUS CYANOPYGIUS	PERICO CATARINA	ENDEMICA	P
GLAUCIDIUM BRASILIANUM	TECOLOTE BAJEÑO	NO ENDEMICA	
GLAUSIDIUM GNOMA	TECOLOTE	NO ENDEMICA	A
HELIOMASTER CONSTANTII	COLIBRÍ PICUDO	NO ENDEMICA	
HELODERMA HORRIDUM	ESCORPION		A
HYLOCHARIS LEUCOTIS	ZAFIRO OREJA BLANCA	NO ENDEMICA	
HYP SIGLENA TORQUATA	CULEBRA		PR
ICTERUS GRADUCAUDA	BOLSERO CABEZA NEGRA	NO ENDEMICA	
ICTERUS PUSTULATUS	BOLSERO DORSO RAYADO	NO ENDEMICA	PR
IGUANA IGUANA	IGUANA VERDE		PR
LAMPROPELTIS TRIANGULUM	CORALILLO	NO ENDEMICA	A
LEOPARDUS WIEDII	TIGRILLO		P
LEPIDOCOLAPTES LEUCOGASTER	TREPATRONCOS ESCARCHADO	ENDEMICA	
LEPTOTILA VERREAUXI	PALOMA ARROYERA	NO ENDEMICA	PR
LEPUS CALLOTIS	LIEBRE	NO ENDEMICA	
LITHOBATES PUSTULOSA	RANA PUSTULOSA		PR
LYNX RUFUS	GATO MONTÉS		P
MEGARHYNCHUS PITANGUA	LUIS PICO GRUESO	NO ENDEMICA	
MEGASOREX GIGAS	MUSARAÑA		P
MELANERPES CHRYSOGENYS	CARPINTERO ENMASCARADO	ENDEMICA	
MELEAGRIS GALLOPAVO	GUAJOLOTE SILVESTRE		P
MELOZONE KIENERI	RASCADOR NUCA RUFA	ENDEMICA	
MNIOLTITA VARIA	CHIPE TREPADOR	NO ENDEMICA	
MOLOTHRUS ATER	VAQUERO	NO ENDEMICA	
MYIARCHUS TUBERCULIFER	PAPAMOSCAS TRISTE	NO ENDEMICA	
MYIOZETETES SIMILIS	LUIS GREGARIO	NO ENDEMICA	
NASMA LARICA	TEJÓN	NO ENDEMICA	
NASUA NARICA	TEJÓN, COATÍ	NO ENDEMICA	A
NASUA NASUA	TEJÓN		
NEOTOMA MEXICANA	RATA DE CAMPO	NO ENDEMICA	
NYCTIDROMUS ALBICOLLIS	CHOTACABRAS PAURAQUE	NO ENDEMICA	
ODOCOILEUS VIRGINIANUS	VENADO COLA BLANCA	NO ENDEMICA	
OPORORNIS TOLMIEI	CHIPE DE TOLMIE	NO ENDEMICA	A
ORTALIS POLIOCEPHALA	CHACHALACA PÁLIDA	ENDEMICA	
ORTHOGEOMYS GRANDIS ALLENI	TUZA	NO ENDEMICA	
PACHYRAMPHUS MAYOR	MOSQUERO		PR
PANTHERA ONZA	JAGUAR		P
PAPPOGEOMYS GYMNRURUS	TUZA		
PATAGIOENAS FASCIATA	PALOMA DE COLLAR	ENDEMICA	PR
PECARI TAJACU	JABALI	NO ENDEMICA	
PHEUCTICUS MELANOCEPHALUS	PICOGORDO TIGRILLO	NO ENDEMICA	
PHYLORTYX FASCIATUS	CODORNIZ RAYADA	ENDEMICA	
PICOIDES STRICKLANDI	CARPINTERO		A
PIRANGA FLAVA	TÁNGARA ENCINERA	NO ENDEMICA	
PIRANGA LUDOVICIANA	TÁNGARA CAPUCHA ROJA	NO ENDEMICA	
PITHUOPHIS DEPPEI	CINCUATE	NO ENDEMICA	
POLIOPTILA CAERULEA	PERLITA AZUL-GRIS	NO ENDEMICA	
POLIOPTILA NIGRICEPS	PERLITA SINALOENSE	ENDEMICA	
PORCIÓN LOTOR	MAPACHE	NO ENDEMICA	
QUISCALUS MEXICANUS	ZANATE	NO ENDEMICA	
RANA FORRERI	RANA VERDE		PR
SALTATOR COERULESCENS	PICURERO GRISÁCEO	NO ENDEMICA	
SCELOPORUS GRAMMICUS	LAGARTIJA	NO ENDEMICA	PR
SCELOPORUS UTIFORMIS	ROÑO	ENDEMICA	
SCIURUS ANNULATUS	ARDILLA		
SCIURUS COLLIAEI	ARDILLA GRIS	ENDEMICA	
STELGIDOPTERYX SERRIPENNIS	GOLONDRINA ALIASERRADA	NO ENDEMICA	
STELLULA CALLIOPE	COLIBRÍ GARGANTA RAYADA	NO ENDEMICA	
STRIX OCCIDENTALIS	BÚHO MANCHADO	NO ENDEMICA	A
SYLVILAGUS FLORIDANUS	CONEJO CASTELLANO	NO ENDEMICA	
THACHYBAPTUS DOMINICUS	ZAMBULLIDOS MENOR		PR
THRYOTHORUS SINALOA	CHIVIRÍN SINALOENSE	ENDEMICA	
TOLUCA LINEADA	CULEBRILLA	NO ENDEMICA	

TOXOSTOMA CURVIROSTRE	CUITLACOCHÉ PICO CURVO	NO ENDEMICA	
TROGON ELEGANS	TROGÓN ELEGANTE	NO ENDEMICA	
TURDUS ASSIMILIS	MIRLO GARGANTA BLANCA	NO ENDEMICA	
TYTO ALBA	LECHUZA	NO ENDEMICA	
UROCYON CINEREOARGENTEUS	ZORRA GRIS	NO ENDEMICA	
UROSAURUS BICARINATUS	ROÑO	ENDEMICA	
VERMIVORA CELATA	CHIPE CORONA ANARANJADA	NO ENDEMICA	
VERMIVORA CRISSALIS	CHIPE DE COLIMA		PR
VERMIVORA RUFICAPILLA	CHIPE DE CORONILLA	NO ENDEMICA	
VIREO GILVUS	VIREO GORJEADOR	ENDEMICA	PR
VIREO NELSON	VIREO ENANO	ENDEMICA	PR
WILSONIA PUSILLA	CHIPE DE CORONA NEGRA	NO ENDEMICA	
XIPHORHYNCHUS FLAVIGASTER	TREPATRONCOS BIGOTUDO	NO ENDEMICA	
ZENAIDA ASIÁTICA	PALOMA	NO ENDEMICA	
ZENAIDA MACROURA	PALOMA HUILOTA	NO ENDEMICA	

Nota: se considera (P) En peligro de extinción, (A) Amenazada, (PR) Sujeta a protección especial, (E) Probablemente extinta en el medio silvestre.

Fuente: Elaboración propia

Ficha 6. 10

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.1.	Población
Factor	C.1.1.	Distribución y densidad de habitantes

Las principales poblaciones que están asociadas a la actividad minera son El *Poblado Benito Juárez de Peña Colorada* y *Minatitlán* (Figura C.1.1.1). El Poblado se considera como un centro poblacional construido especialmente para las familias de los trabajadores de la empresa minera, mientras que Minatitlán es la cabecera del municipio donde las principales actividades son la agricultura, la ganadería y, por supuesto, la minería.

En la zona de estudio se asientan varias poblaciones las cuales se muestran en la Figura C.1.1.2, y sus datos de población se ubican en el Cuadro C.1.1.1.



Figura C.1.1. 1 Principales poblaciones asociadas a la actividad minera en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

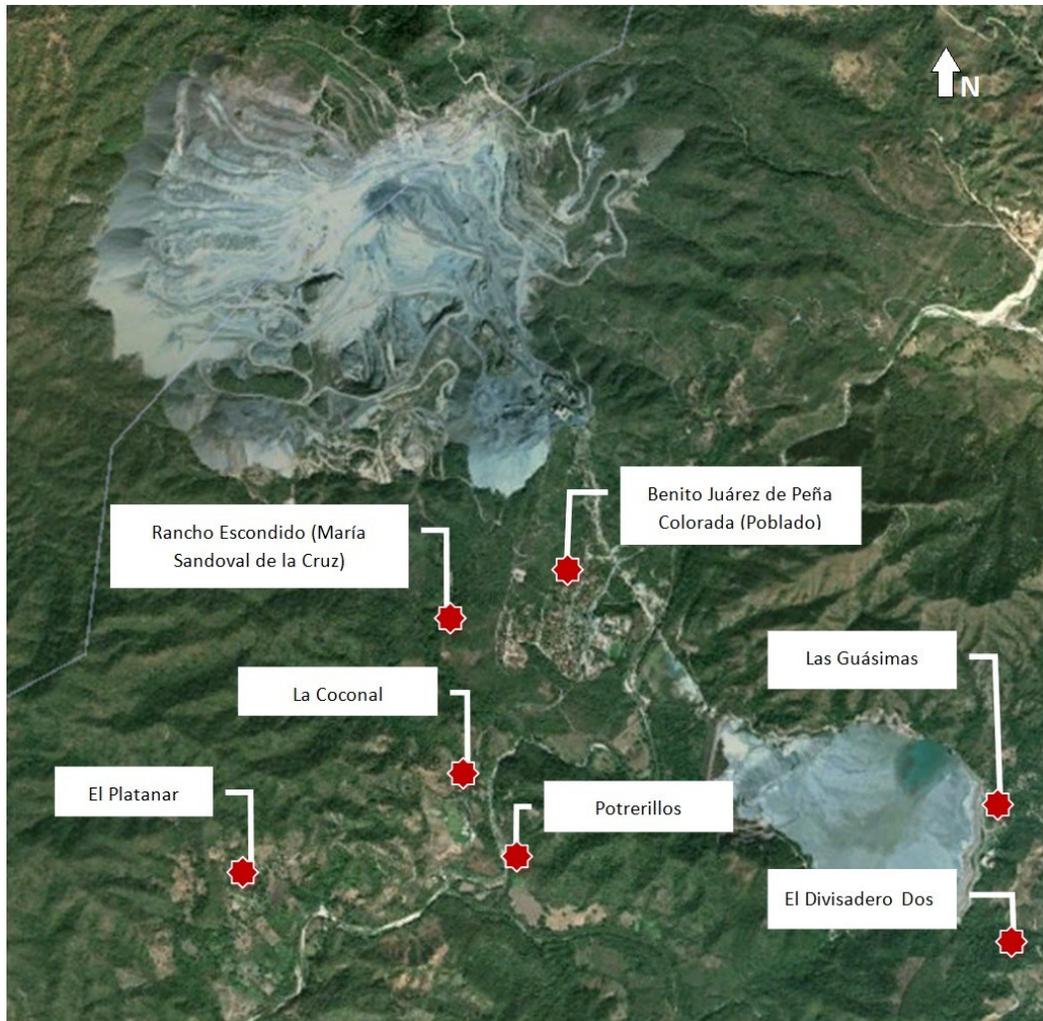


Figura C.1.1. 2 Principales poblaciones asociadas a la actividad minera en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C.1.1. 1 Población estimada en cada una de las localidades en la zona de estudio

AÑO	1950	1960	1970	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Municipio	2 252	3 150	4 407	7505	8191	8321	8466	7478	8174
Minatitlán	1655	1801	1976	3684	3843	4009	4257	3961	4588
Benito Juárez de Peña Colorada	0	0	0	1583	1389	1219	1092	989	918
Las Guásimas	-	-	-	117	105	94	93	46	41
Potreriillos	-	-	-	-	-	-	4	4	6
El Coconal	-	-	-	47	55	65	76	81	87
El Platanar	-	-	-	65	67	69	126	130	164
Rancho Escondido	-	-	-	-	-	-	1	9	5
Divisadero Dos	-	-	-	-	-	-	-	-	2

Fuente: Censos de población y vivienda INEGI, (2010)

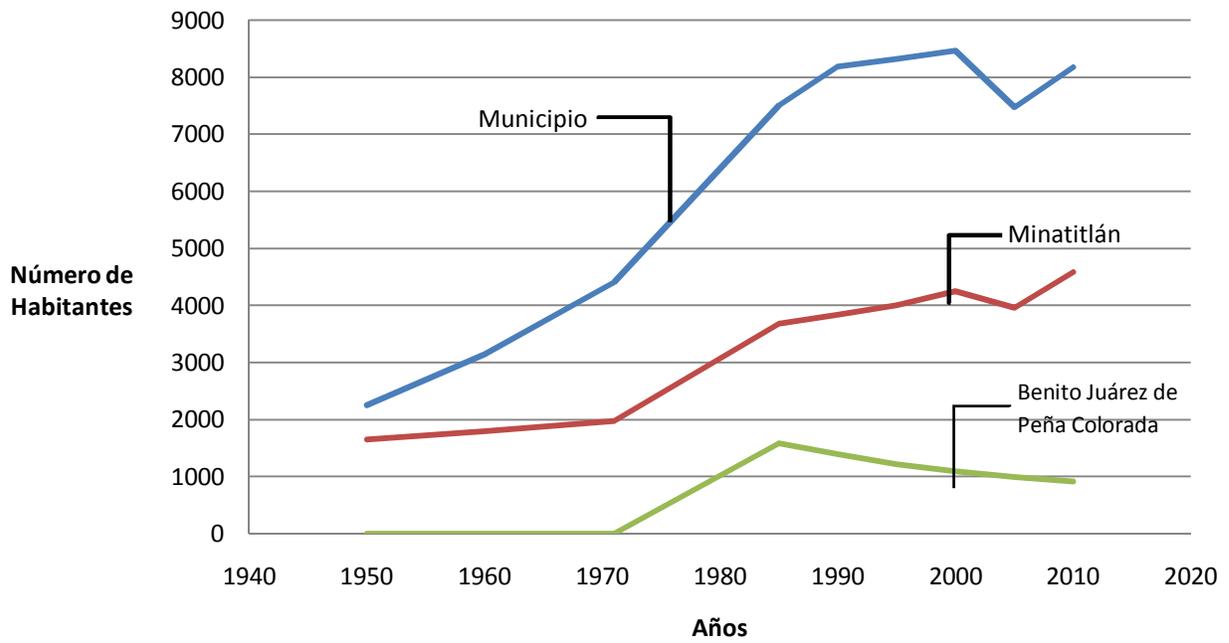


Figura C.1.1. 3 Número de habitantes en el municipio de Minatitlán y pueblos cercanos al área de estudio

Fuente: Censos de población y vivienda INEGI

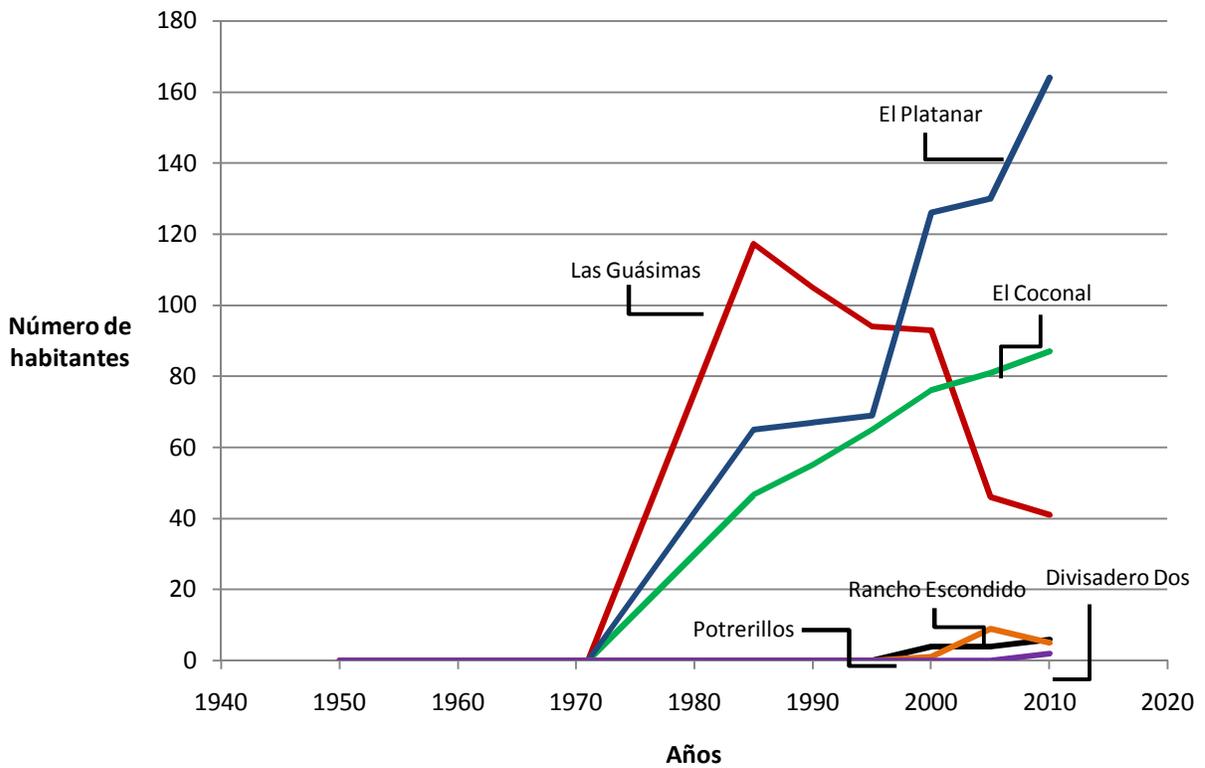


Figura C.1.1. 4 Número de habitantes en las principales localidades de la zona

Fuente: Censos de población y vivienda INEGI

Ficha 6. 11

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.1.	Población
Factor	C.1.2.	Distribución del tipo de uso de suelo

Los suelos son alterados constantemente por las actividades humanas, afectando áreas de la superficie natural, estos cambios en el suelo están relacionados con el establecimiento o el crecimiento de la población, el inicio de nuevas industrias y principalmente por las actividades agrícolas y ganaderas. En 1551, en el territorio que hoy ocupa el municipio de Minatitlán, siendo Oidor-Juez y Alcalde Mayor de Nueva Galicia el licenciado Lorenzo Lebrón de Quiñónez, fue otorgada en encomienda al soldado español Francisco de Santos, una región del occidente de la provincia de Colima, llamada Tlalahuastla.

Posteriormente en 1833, en este mismo sitio se fundó la ranchería que llevaba por nombre *El Mamey*; por último en 1920 se le cambió el nombre por Minatitlán, el cual es un híbrido español-náhuatl que significa *lugar dedicado a mina*, en honor al insurgente de México, Don Francisco Javier Mina. En 1971 inician los procesos de exploración de mineral de hierro y en 1974 se construye el poblado de Peña Colorada, iniciándose los trabajos de pavimentación de la carretera que comunica a la cabecera municipal con Manzanillo.

Cuadro C.1.2. 1 Cronología del Municipio de Minatitlán

1970	Construcción del drenaje en la cabecera municipal e inicio de funciones de la primer Secundaria No. 22, incorporada al Estado
1974	Se erigió el poblado Minero e inicia la explotación de la Mina de Peña Colorada
1974	Empleando de manera directa 1,000 personas, se introdujo la energía eléctrica
1975	Creación del Bachillerato número 11
1985	Construcción de la Biblioteca Pública Municipal
1988	Construcción de la Laguna de Oxidación
1991	Construcción del Rastro Municipal
1994	Construcción del Relleno Sanitario
1994	Inicio de la pavimentación del primer cuadro de la cabecera municipal
1998	Se cumplieron 100 años del natalicio del ilustre minatitlense don J. Jesús Mancilla Rodríguez

Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2006 – 2009, H. Ayuntamiento Constitucional de Minatitlán, Col.

Desde el inicio de la actividad minera se ha generado un cambio en la cubierta vegetal, lo cual altera la biodiversidad, el clima y el ciclo hidrológico, los cambios de uso de suelo en el área de estudio se enfocan en los bosques ya que esta es una región principalmente forestal además de que se realizan trabajos de minería. Con apoyo de imágenes satelitales y fotografías aéreas se logró una comparación de los cambios de uso de suelo durante un lapso de 54 años aproximadamente. La Figura C.1.2.1 muestra el uso de suelo en los años de 1976 al 2008, mientras que el Cuadro C.1.2.2 muestra las imágenes obtenidas por satélite y fotografía aérea en donde se aprecia el desarrollo y crecimiento de la explotación minera hasta el 2010.

De los datos obtenidos en entrevistas con pobladores en el área de estudio, hay que mencionar que antes del establecimiento de la minería había áreas deforestadas debido a la práctica de desmonte en los cerros con pendiente media para siembra de temporal. En los inicios de la extracción del mineral a gran escala, la zona presenta un cambio en las oportunidades de manutención familiar, ya que quienes se dedicaban a la caza, cría de ganado y siembra de temporal también pudieron dedicarse a la venta de tierras, trabajo en la minería, servicios etc. Lo cual con el crecimiento de la población modificó el uso de suelo hasta la fecha.

Se ha generado roca desnuda en los emplazamientos de las instalaciones de Peña Colorada, sin embargo, es necesario mencionar que a menos de un kilómetro, al noroeste de la zona de estudio, se encuentra la mina *Las Pesadas* esta mina

ocupa una área de 45.6 hectáreas y empezó a explotarse antes de 1970, su mineral es boleo de hierro que se saca con maquinas cargadoras y camiones hacia el puerto de Manzanillo. Esta mina ha dejado un suelo compuesto de una pequeña capa restante del suelo original de color rojizo distribuido por toda el área de la mina, pero la mayor parte que es un material de descomposición de una roca ígnea, color blanco a crema y es muy pobre para especies vegetales.

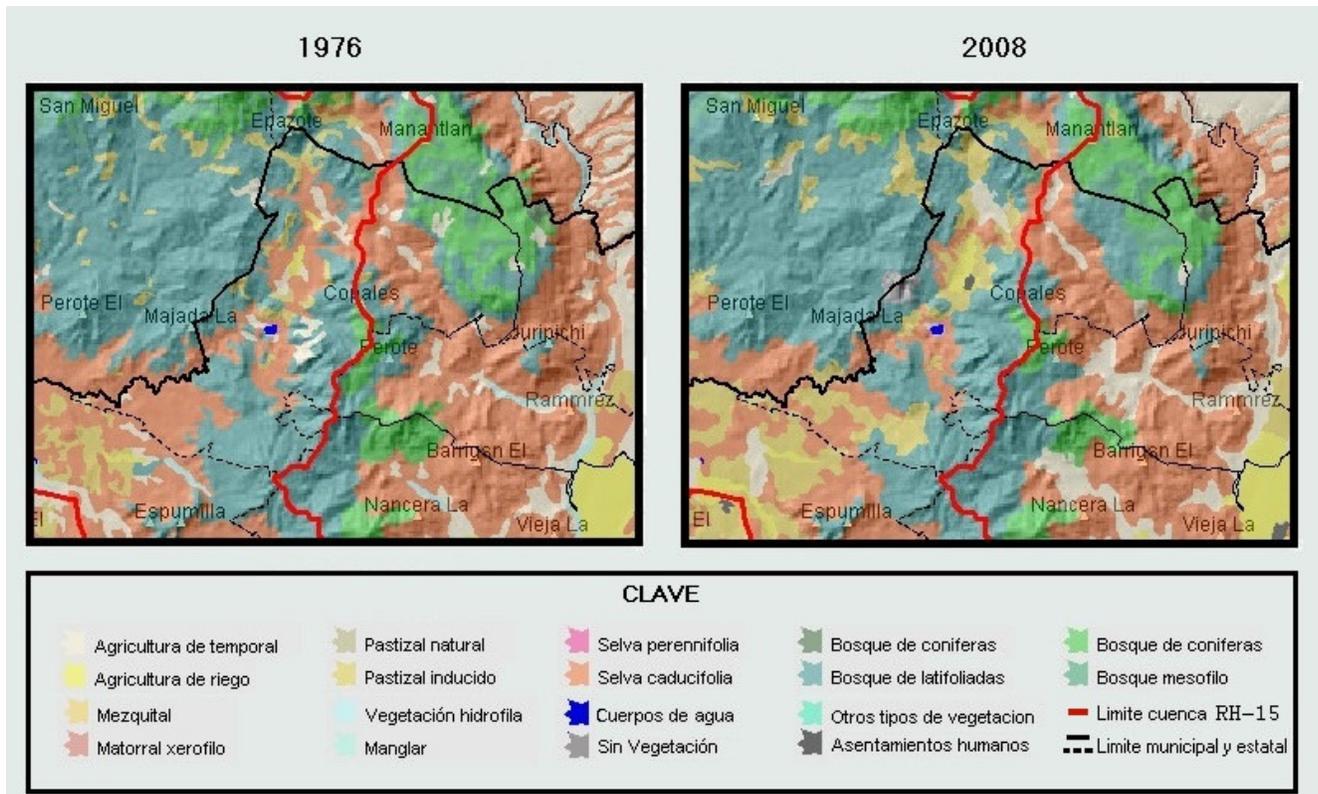
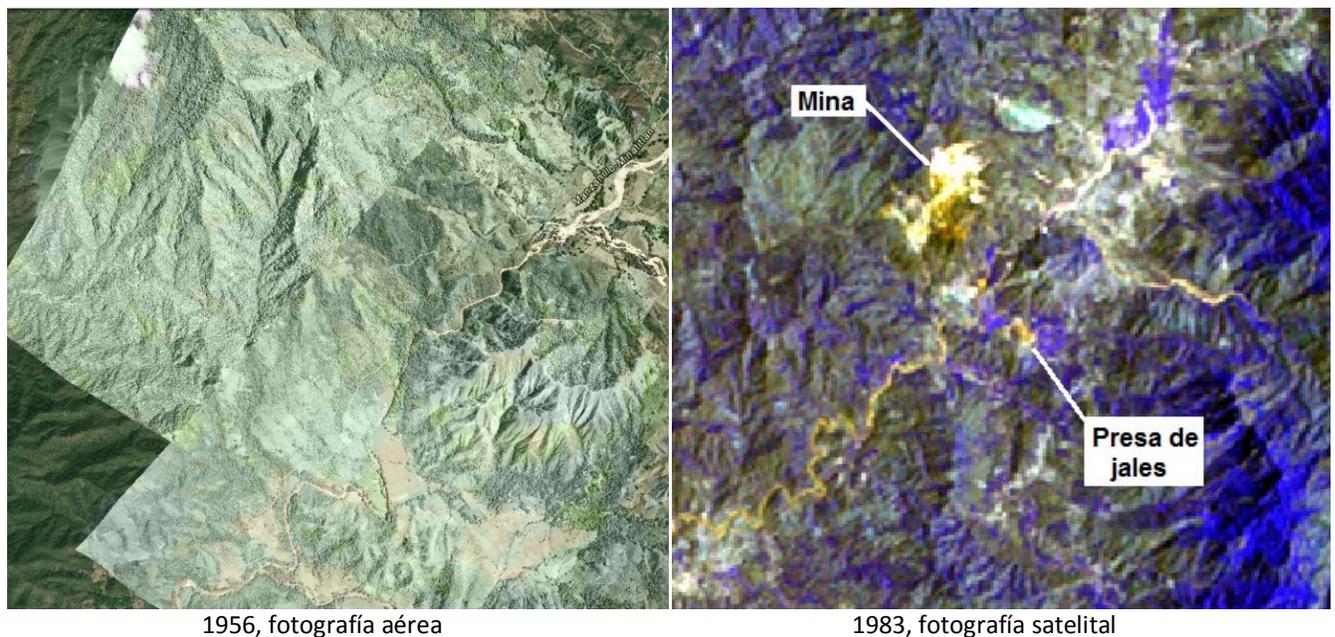
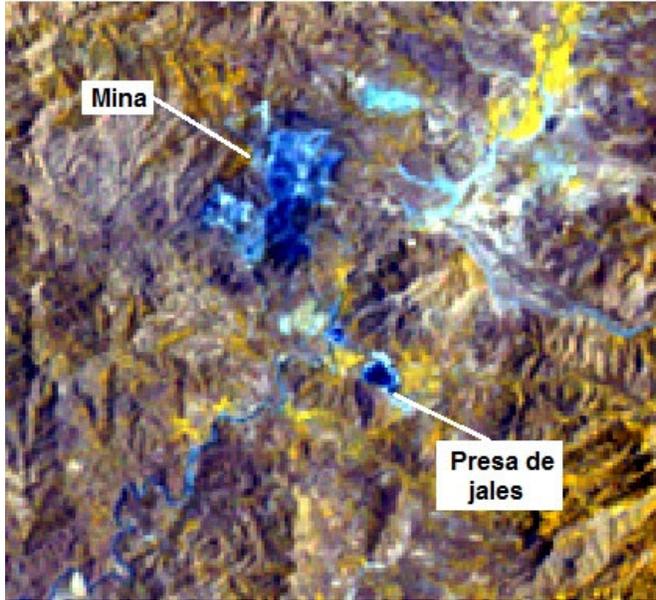


Figura C.1.2. 1 Cambios en el tipo de usos del suelo en el estado de Minatitlán, colima

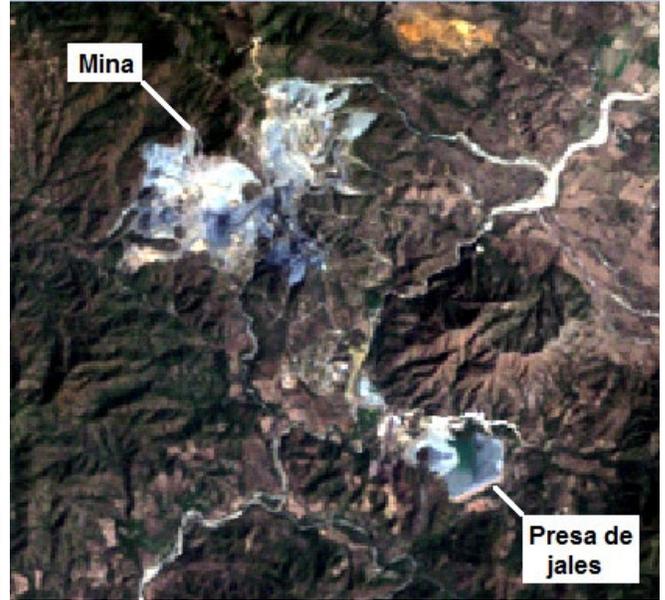
Fuente: INEGI

Cuadro C.1.2. 2 Evolución de la actividad minera de Peña Colorada en el periodo de 1956-2010

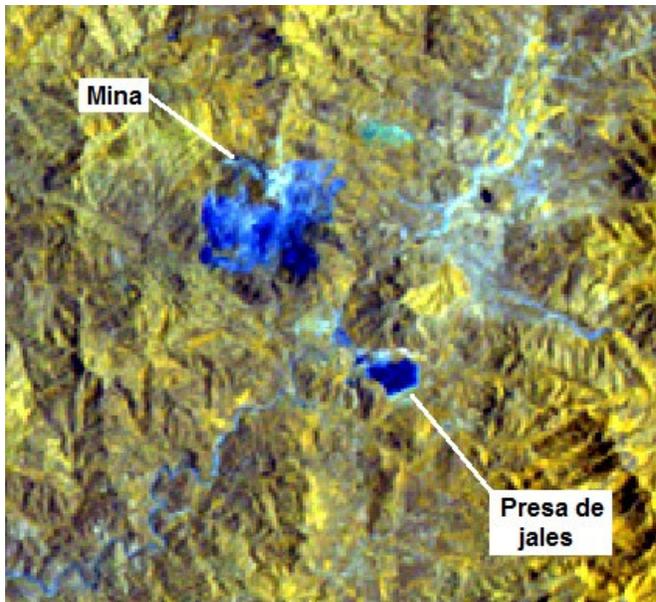




1985, fotografía satelital



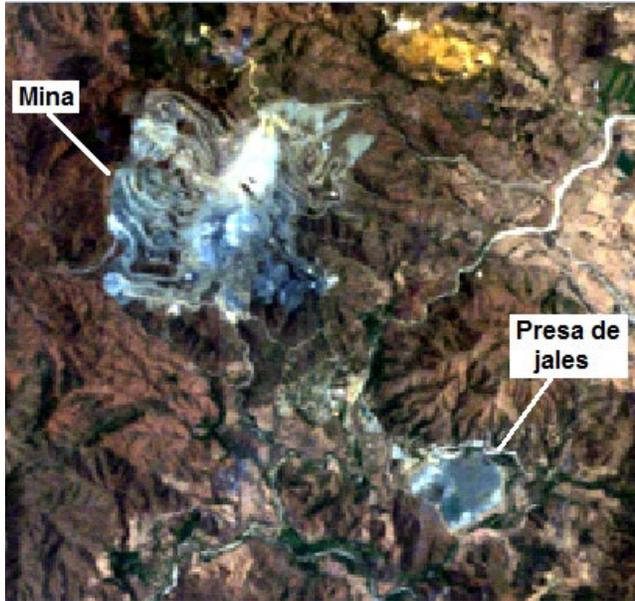
1990, fotografía satelital



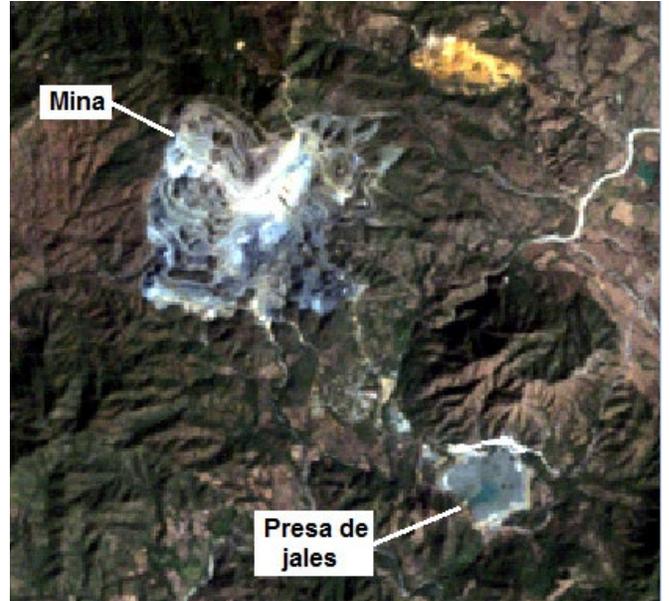
1992, fotografía satelital



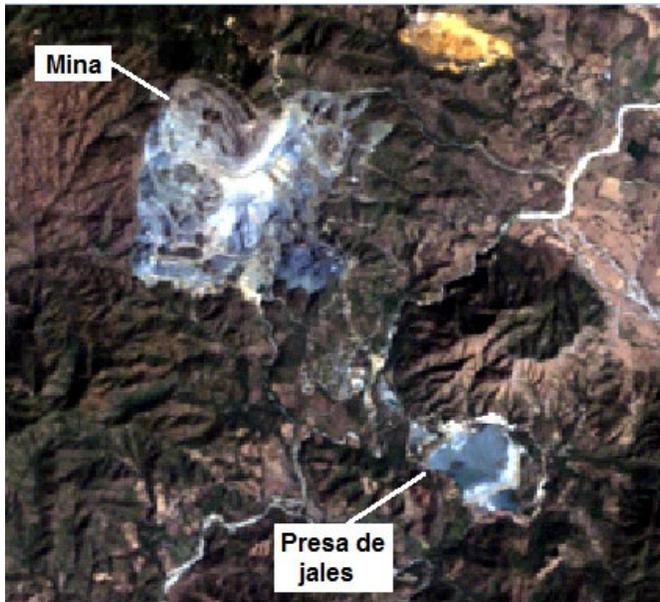
1993, fotografía satelital



1995, fotografía satelital



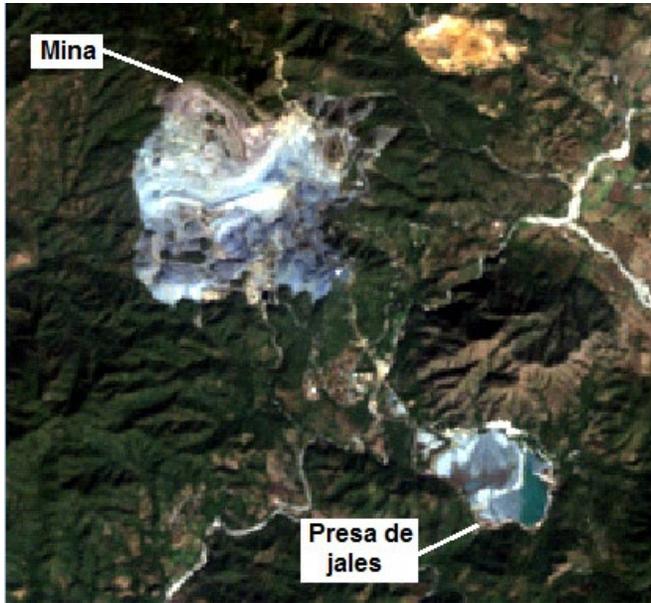
1996, fotografía satelital



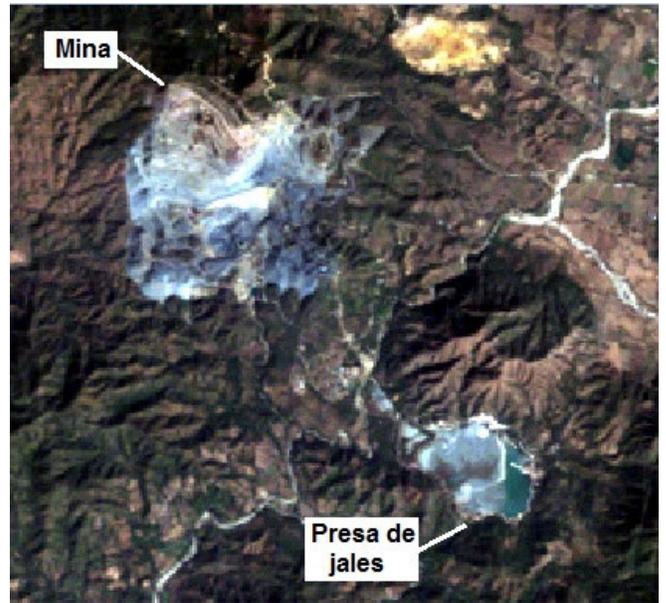
1997



1998



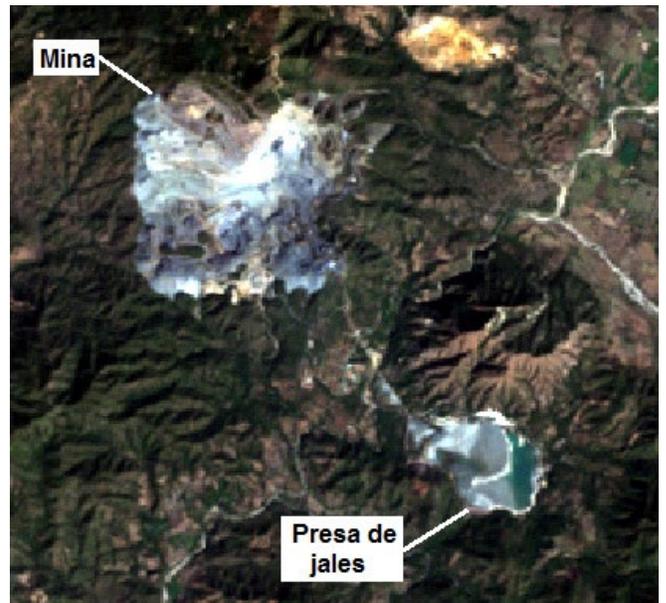
1999, fotografía satelital



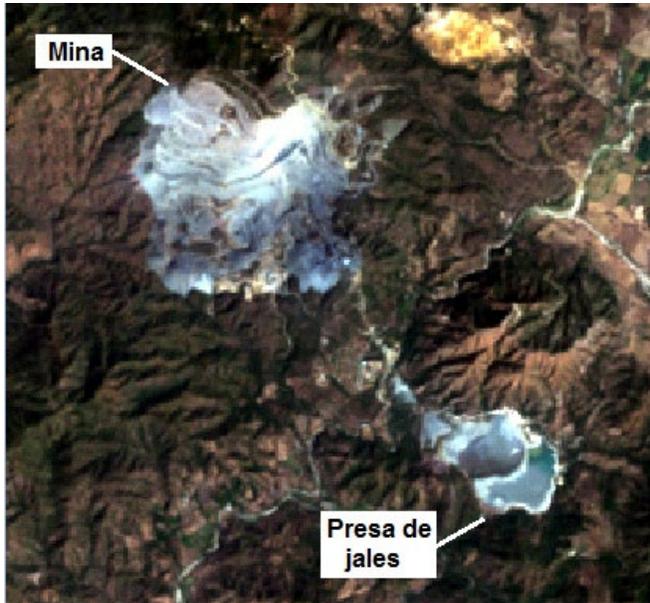
2000, fotografía satelital



2001, fotografía satelital



2002, fotografía satelital



2003, fotografía satelital



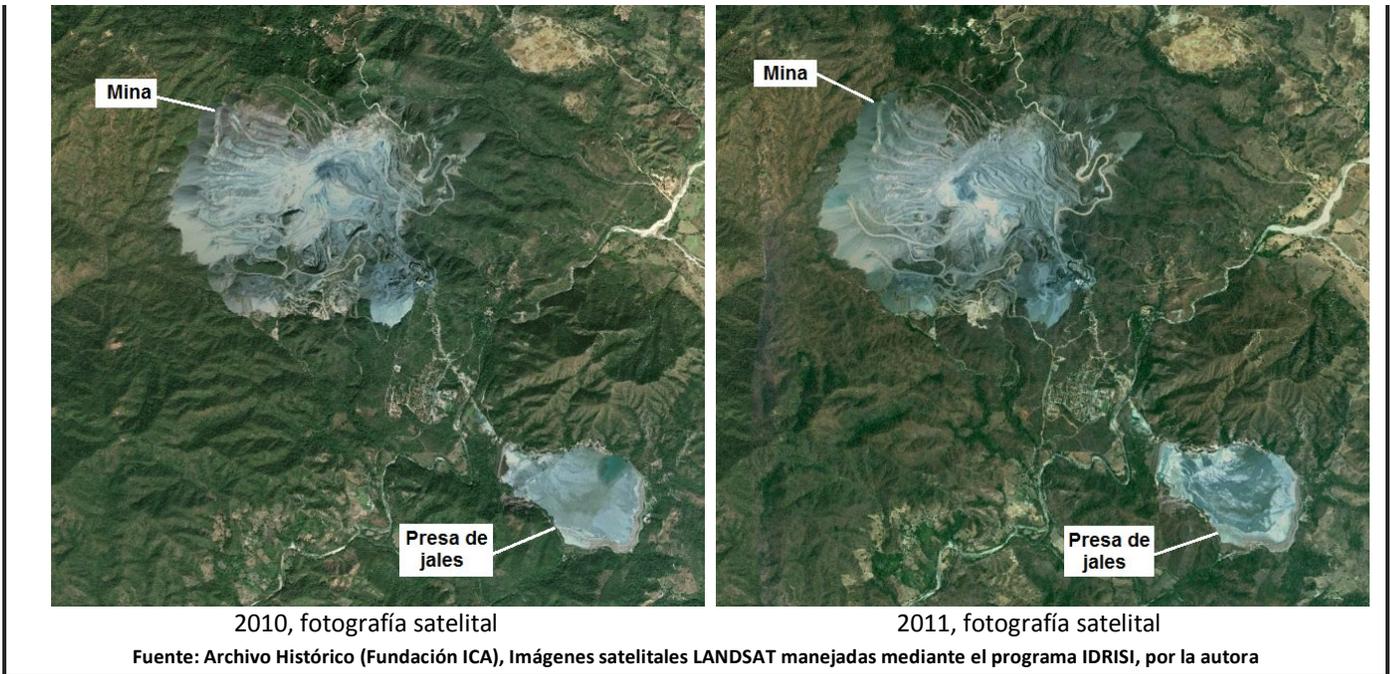
2004, fotografía satelital



2005, fotografía satelital



2008, fotografía satelital



Ficha 6. 12

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.1.	Población
Factor	C.1.3.	Migración

Con respecto al fenómeno migratorio, el municipio de Minatitlán experimenta una fuerte atracción acumulada de la población. Desde el inicio de la actividad minera la creación de empleos generó el aumento en el número de habitantes en las zonas cercanas, en el pueblo de Minatitlán y posteriormente en el pueblo de Benito Juárez de Peña Colorada. También se formaron pequeñas localidades que están vinculadas principalmente por el sector agrícola. En los registros se determinó el número de migrantes que llegaron al lugar y se establecieron cerca de la zona de estudio, como el caso de Peña Colorada (*El Poblado*), Potrerillos, Divisadero Dos, Rancho escondido, entre otros.

Cuadro C.1.3. 1 Población migrante en la zona de estudio

AÑO	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Población nacida en la entidad	3 705	3 703	3 715	3 741	3 915	4 121
Población migrante	1791	1756	1741	1909	1300	1681

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 2010, INEGI

Nota: la población de Benito Juárez Peña Colorada se considera como migrante debido a que son los trabajadores de la empresa minera y residen en el lugar actualmente.

Ficha 6. 13

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.2.	Infraestructura
Factor	C.2.1.	Vivienda

El Municipio de Minatitlán, tiene una población de 8,174 habitantes, de los cuales 23.9% vive en localidades menores de 500 habitantes, existe un total de 2,157 viviendas particulares habitadas en las que residen alrededor de 3 a 4 personas por vivienda, generalmente cuentan con cocina, comedor, baño, sala y además tienen los servicios básicos en donde el 95.8% de las viviendas disponen de drenaje conectado a la red pública o a fosa séptica; 97.6% tiene energía eléctrica, 95.7% cuenta con agua de la red pública dentro de la vivienda y fuera de la vivienda pero dentro del terreno de acuerdo al XII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI. El número de viviendas y el registro de los servicios básicos en los años de 1980 al 2010 se muestran en los Cuadros C.2.1.1 – C.2.1.6.

La familia juega un papel importante y sólido en el estado, los porcentajes son mayores al 50%, es decir, en Minatitlán 76% de los hogares familiares son nucleares, integrados por padre, madre e hijos; el 22.2% de los hogares son ampliados y el 1.2% son hogares compuestos. En aproximadamente uno de cada seis hogares familiares del municipio el jefe del hogar es mujer.

Lo relativo a educación. Dispone básicamente de todo tipo de servicios la cabecera municipal (Minatitlán) y cuenta con servicios educativos desde preescolar, primaria, secundaria y bachillerato. En algunas comunidades con pocos alumnos se cuenta con escuelas del CONAFE tanto para preescolar como primarias, los alumnos que desean continuar con sus estudios profesionales se tienen que trasladar a la ciudad de Manzanillo, Colima o Tecomán, dependiendo de la carrera de su elección.

En lo que concierne a las comunicaciones se cuenta con los servicios de telefonía, otorgado por la empresa TELMEX, así como correos, telégrafos y telefonía celular, servicio que ha sido mejorado y que actualmente permite la comunicación con cualquier tipo de celular.

Cuadro C.2.1. 1 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 1980

Material dominante de pisos					Servicio Disponible								
					Agua Entubada			Drenaje			Energía Eléctrica		
Total de viviendas	Tierra	Cemento o firme	Mosáico u otro recubrimiento	NE	D	ND	NE	D	ND	NE	D	ND	NE
1264	581	386	286	11	947	311	6	540	704	20	770	478	16

D=Disponen, ND=No Disponen, NE= No Especificado

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1988, INEGI

Cuadro C.2.1. 2 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 1990

Nombre de la localidad	Total Municipal	Minatitlán	Guásimas	Coconal	Benito Juárez de Peña Colorada
Población total	8191	3843	105	55	1389
Total de viviendas	1100	566	26	5	5
Viviendas con energía eléctrica	1467	736	19	0	292
Viviendas con agua entubada	1429	727	16	1	291
Viviendas con drenaje	1125	693	3	0	290
Viviendas con piso diferente a tierra	1204	674	7	3	290
Viviendas con techos de lámina de cartón o materiales de desecho	271	100	8	6	1
Viviendas con paredes de lámina de cartón o materiales de desecho	14	9	0	0	0

Fuente: Censo de Población y Vivienda 1990, INEGI

Cuadro C.2.1. 3 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 1995

Nombre de la localidad	Total Municipal	Minatitlán	Guásimas	Coconal	Benito Juárez de Peña Colorada	Platanar
Población total	8321	4009	94	65	1219	69
Total de viviendas	1801	892	21	11	282	14
Viviendas con energía eléctrica	1644	849	20	6	282	10
Viviendas con agua entubada	1650	851	18	10	282	7
Viviendas con drenaje	1477	828	7	2	280	3
Promedio de ocupantes por vivienda	4.57	4.5	4.5	5.9	4.1	4.9

Fuente: Censo de Población y Vivienda 1995, INEGI

Cuadro C.2.1. 4 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 2000

Nombre de la localidad	Total Municipal	Minatitlán	Guásimas	Coconal	Benito Juárez de Peña Colorada	Platanar
Población total	8466	4257	93	76	1092	126
Total de viviendas	1892	959	18	13	256	32
Viviendas con energía eléctrica	1761	906	18	12	255	24
Viviendas con agua entubada	1705	931	18	11	242	30
Viviendas con drenaje	1712	915	14	11	254	19
Promedio de ocupantes por vivienda	4.27	4.26	4.94	5.85	3.97	3.81
Viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	7	6	0	0	0	0
Viviendas con techos de material de desecho y lámina de cartón	148	51	1	4	0	16
Viviendas sin agua entubada, drenaje ni energía eléctrica	36	8	0	1	0	1

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2000, INEGI

Cuadro C.2.1. 5 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 2005

Nombre de la localidad	Total Municipal	Minatitlán	Guásimas	Coconal	Benito Juárez de Peña Colorada	Platanar	Potrerrillos	Rancho Escondido
Población total	7478	3961	46	81	989	130	4	9
Total de viviendas	1892	987	15	18	246	37	*	0
Viviendas con de energía eléctrica	1768	959	15	17	238	35	*	3
Viviendas con agua entubada	1600	959	12	3	239	27	*	0
Viviendas sin agua entubada	249	16	2	13	0	10	*	3
Viviendas con drenaje	1750	954	14	10	239	27	*	2
Viviendas sin drenaje	83	14	0	8	0	10	*	0
Viviendas con piso de tierra	240	67	4	4	0	15	*	3
Viviendas con agua entubada, drenaje y energía eléctrica	1526	935	11	2	238	20	*	0
Viviendas sin agua entubada, sin drenaje y sin energía eléctrica	23	3	0	1	0	1	*	0

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI

Cuadro C.2.1. 6 Número de viviendas con servicios en el municipio de Minatitlán, 2010

Nombre de la localidad	Total Municipal	Minatitlán	Guásimas	Coconal	Platanar	Potreriños	Rancho Escondido	Benito Juárez de Peña Colorada	Divisadero Dos
Población total	8174	4588	41	87	164	6	5	918	2
Total de viviendas	2697	1357	19	23	47	*	*	116	*
Viviendas deshabitadas	282	82	4	1	2	*	*	245	*
Viviendas de uso temporal	258	97	2	5	4	*	*	0	*
Viviendas con luz eléctrica	2105	1170	13	17	38	*	*	245	*
Viviendas sin luz eléctrica	50	7	0	0	3	*	*	0	*
Viviendas con agua entubada	2064	1165	13	15	37	*	*	245	*
Viviendas sin agua entubada	89	10	0	2	4	*	*	245	*
Viviendas con drenaje	2083	1166	11	12	29	*	*	3.75	*
Viviendas sin drenaje	68	9	1	5	12	*	*	244	*
Promedio de ocupantes por vivienda	3.78	3.89	3.15	5.12	3.71	*	*	0	*
Viviendas con piso de material diferente de tierra	2029	1138	13	15	21	*	*	65	*
Viviendas con piso de tierra	124	37	0	2	20	*	*	0	*
Viviendas con línea telefónica	626	508	0	1	0	*	*	213	*
Viviendas sin ningún bien	70	21	0	3	2	*	*	243	*
Viviendas con radio	1282	660	10	9	18	*	*	242	*
Viviendas con televisor	1897	1105	8	13	34	*	*	20	*

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Ficha 6. 14

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.2.	Infraestructura
Factor	C.2.2.	Salud

Como se mencionó en el Capítulo 5, los servicios de salud en el municipio de Minatitlán son proporcionados por el Centro de Salud dependiente de la SSA instalado en la cabecera del municipio, el cual cuenta con todos los servicios para una buena atención a los pacientes, en el Poblado de Peña Colorada se cuenta con una clínica del IMSS, también otorga servicio a los trabajadores que pertenecen a este instituto. En la comunidad de Las Pesadas se cuenta con una casa de salud a la cual asisten un médico y una enfermera cada 22 días dando asistencia a los pacientes que lo requieran.

En la comunidad de La Coconal se cuenta también con una casa de salud con la diferencia de que esta funciona en una casa particular, ya que no se cuenta con un local propio. Cabe hacer mención de que estas casas de salud no cuentan con ningún tipo de instrumental médico y carecen de las medicinas básicas necesarias. En la cabecera municipal se dispone además con médicos especialistas y generales los cuales otorgan consultas particulares en sus consultorios; para surtir las medicinas se tienen tres farmacias, las cuales cuentan con las medicinas más comunes que se necesitan.

C.2.2. 1 Unidades medicas en servicio de las instituciones públicas del sector salud en Minatitlán

AÑO	NIVEL	TOTAL	SEGURIDAD SOCIAL		ASISTENCIA SOCIAL	
			IMSS	ISSSTE	SSA	DIF
1980	-	4	2	1	1	-
2002	CONSULTA EXTERNA	9	1	1	7	-
2007	CONSULTA EXTERNA	10	1	1	7	1
2010	CONSULTA EXTERNA	14	1	1	11	1

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1988 - 2010, INEGI

Gran parte de la población de Minatitlán tiene acceso a los servicios de salud sobre todo en las localidades principales, son derechohabientes a los servicios de salud del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) y del ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado). Para 1985 la población derechohabiente en el IMSS fue de 5309 personas; en 1995 se tiene un total de 6355 derechohabientes de los cuales 6139 son del IMSS y 219 del ISSSTE. Para los años 2000, 2005 y 2010 la población derechohabiente se muestra en los Cuadros C.2.2.2 - C.2.2.4.

C.2.2. 2 Población derechohabiente en el sector salud en el 2000

Nombre de la localidad	Población no derechohabiente a servicio de salud	Población derechohabiente a servicio de salud	Población derechohabiente al IMSS	Población derechohabiente al ISSSTE
Total Municipal	4504	3524	3332	206
Minatitlán	2012	2058	1911	161
Guasimas	44	45	42	3
Coconal	60	16	16	0
Benito Juárez de Peña Colorada	43	979	979	2
Platanar	74	46	45	1
Potrerillos	*	*	*	*
Rancho Escondido	*	*	*	*

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 2000, INEGI

C.2.2. 3 Población derechohabiente en el sector salud en el 2000

Nombre de la localidad	Población no derechohabiente a servicios de salud	Población derechohabiente a servicios de salud	Población derechohabiente del IMSS	Población derechohabiente del ISSSTE
Total Municipal	855	6443	3006	177
Minatitlán	507	3332	1816	130
Guasimas	3	43	21	4
Coconal	13	68	9	0
Benito Juárez de Peña Colorada	9	960	952	4
Platanar	12	117	11	0
Potrerillos	*	*	*	*
Rancho Escondido	1	8	0	0

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 2005, INEGI

C.2.2. 4 Población derechohabiente en el sector salud en el 2000

Nombre de la localidad	Población no derechohabiente a servicios de salud	Población derechohabiente a servicios de salud	Población derechohabiente del IMSS	Población derechohabiente del ISSSTE	Población derechohabiente del ISSSTE estatal	Población derechohabiente por el Seguro Popular
Total del Municipio	736	7409	3140	182	11	4082
Minatitlán	487	4087	1922	150	11	2005
Guásimas	3	38	20	3	0	16
Coconal	5	82	14	0	0	68
Benito Juárez de Peña Colorada	15	903	890	4	0	8
El Divisadero Dos	*	*	*	*	*	*
El Platanar	17	135	16	0	0	121
Potrerillos	*	*	*	*	*	*
Rancho Escondido	*	*	*	*	*	*

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 2010, INEGI

Ficha 6. 15

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.2.	Infraestructura
Factor	C.2.3.	Seguridad

El crecimiento y la diversidad de la población del municipio, así como los problemas socioeconómicos y sociológicos propios de una población en constante crecimiento, han incidido en la mala conducta de los ciudadanos Cuadro C.2.3.1. En la cabecera del municipio de Minatitlán se encuentra el inmueble de Seguridad Pública Municipal y en la población de Benito Juárez de Peña Colorada se encuentra una caseta de policía.

Cuadro C.2.3. 1 Presuntos delincuentes registrados en los juzgados en el Estado de Colima

Municipio	Total					
	1983	1989	1995	2000	2005	2010
Estado	517	981	1637	1609	1907	1513
Armería	23	46	76	99	80	49
Colima	248	400	621	531	616	473
Comala	1	21	19	23	24	40
Coquimatlán	8	23	26	31	55	25
Cauhtémoc	1	23	17	38	49	20
Ixtlahuacán	1	8	6	16	14	14
Manzanillo	113	296	404	355	408	314
Minatitlán	1	8	6	33	12	12
Tecomán	117	121	202	312	404	345
Villa de Álvarez	1	35	242	171	245	219

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1988 - 2010, INEGI

Ficha 6. 16

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.2.	Infraestructura
Factor	C.2.4.	Vialidades

El acceso a Minatitlán se realiza por dos vías principales: la carretera Villa de Álvarez – Minatitlán y la Manzanillo – Minatitlán; (Figura C.2.4.1), comunicando las poblaciones principales de Minatitlán y Benito Juárez de Peña Colorada, además de algunas terracerías y brechas que comunican sus pequeñas rancherías y dan acceso a algunas de las parcelas de los habitantes.

La carretera Manzanillo – Minatitlán inicialmente se interconectó a Manzanillo con Jalipa, Punta de Agua, Camotlán, El Puertecito, Paticajo, La Playa, El Poblado (Peña Colorada) y Minatitlán, fue inaugurada por el presidente Luis Echeverría Álvarez en abril de 1975, dándole al municipio minero una importancia estratégica nacional, dado que la explotación de la mina Peña Colorada, fue inaugurada ese mismo día (junto con la Peletizadora de Tapeixtles).

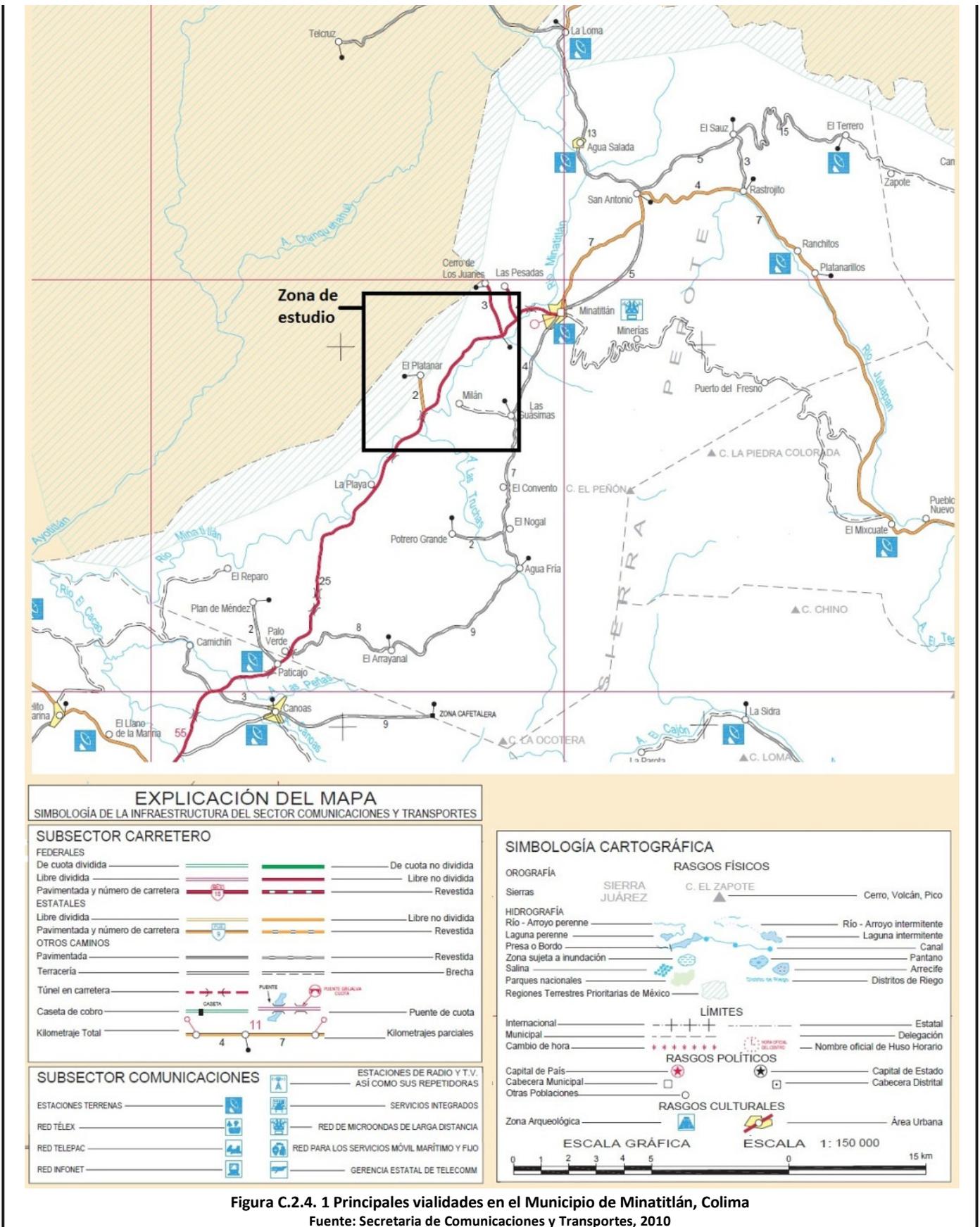


Figura C.2.4. 1 Principales vialidades en el Municipio de Minatitlán, Colima
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2010

Ficha 6. 17

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.2.	Infraestructura
Factor	C.2.5.	Generación de residuos

En el 2010 el municipio de Minatitlán tenía una población total de 8174 habitantes, que generaba alrededor de 8 ton/día de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. El sitio de disposición final (SDF) está ubicado en una barranca sobre el camino que va de la cabecera municipal a Villa de Álvarez. Tomando en cuenta su población, se estima una generación per cápita (GCP) de 0.979 kg/hab/día. Con respecto a la composición de los residuos generados que llegan al SDF, el mayor porcentaje es de residuos orgánicos (45.88), el plástico reciclable (11.18) y el papel y cartón (12.98), donde los orgánicos representan alrededor de un 46% del total de los residuos que produce el municipio.

Con respecto a la minería, es una actividad que se caracteriza por su alto volumen de generación de residuos, algunos de ellos potencialmente tóxicos, los cuales pueden constituir un riesgo a la salud y al medio ambiente, en caso de ser manejados de manera inadecuada. En las explotaciones mineras a cielo abierto, se producen básicamente residuos de industrias extractivas (explotación), industriales (proceso de beneficio) y urbanos. La mina en estudio tiene una producción de entre 3 a 4 millones de toneladas anuales, por eso se maneja un control de la generación de residuos por la actividad extractiva, dividiendo en el área de mina (ubicado en Minatitlán) y el área de peletizado (Manzanillo). El Cuadro C.2.5.1 indica el promedio de los diferentes residuos generados por unidad de producción de mineral de hierro.

Cuadro C.2.5. 1 Promedio de los diferentes tipos de residuos generados en la mina de Peña Colorada

	AREA	TOTAL	UNIDAD
Producción anual (pellets)		3000000	Ton
Combustóleo consumido		25307	m ³
Consumo de agua	Mina	1930660	m ³
	Poblado	61530	m ³
	Peletizado	11671	m ³
Descargas de agua	Presa de jales	1255054	m ³
	Poblado	257309	m ³
	Peletizado	725568	m ³
Consumos de energía	Mina	120793485	kwh
	Peletizado	94720646	kwh
Residuos peligrosos	Mina	472235	kg
	Peletizado	86404	kg
Residuos especiales	Mina	1501188	kg
	Peletizado	12240	kg
Basura	Mina	0	kg
	Peletizado	29041	kg

Fuente: Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada, 2007

Los principales residuos peligrosos generados en la mina son las estopas y cartones impregnados, grasas, lubricantes usados tierra y/o aserrín impregnado, filtros impregnados, balastras, pilas, aceite, acumuladores, capacitores y envases vacíos con aerosoles. Por otra parte, los residuos especiales generados son las chatarras, llantas, bolsas vacías de nitrato y tubería de ferroduto.

Ficha 6. 18

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.3.	Economía
Factor	C.3.1.	Generación de empleo

El Estado de Colima reportó 315 mil trabajadores en 2010, principalmente en el sector servicios, lo que representó 0.8% respecto al personal ocupado en el sector a nivel nacional.

Cuadro C.3.1. 1 Personal ocupado a nivel nacional y en el estado de Colima

Concepto	Colima	Nacional	% Participación
Total PEA Ocupada	315,164	47,836,056	0.70 %
Agropecuarias	35,326	6,668,539	0.50 %
Industria extractiva y electricidad	5,039	368,638	1.4 %
Industria manufacturera	24,425	7,241,774	0.30 %
Construcción	28,201	3,571,783	0.80 %
Comercio	60,706	9,504,398	0.60 %
Otros servicios	159,618	20,143,149	0.80 %
No especificado	1,849	337,775	0.50 %

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 4º. Trimestre de 2011.

Al empezar un proyecto minero, es necesario contratar gente para preparar las labores de exploración, construcción y en este caso, la contratación del personal para la operación de la mina. La minería es un actividad importante en el municipio en donde se considera que el 45% de la población activa trabaja o es empleada en la minería; esto se puede apreciar en el Cuadro C.3.1.2, que muestra el número de personas relacionadas con la actividad laboral del municipio de Minatitlán. Se resume en lo que es la población activa (número de personas que se han incorporado al mercado de trabajo, tienen un empleo o que lo buscan actualmente), la población ocupada (población activa que no se encuentra en situación de desempleo), población parada (personas de 16 o más años que están sin trabajo, disponibles para trabajar y buscando activamente empleo) y por último la población ocupada en el sector minero en la zona de Peña Colorada, la cual, trabaja los 365 días del año manejando tres turnos por día.

Cuadro C.3.1. 2 Estimación del número de habitantes en el sector laboral en la zona de estudio

Año	1950	1960	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Población total	1 655	1 801	1 976	5 495	5 459	5 456	5 644	5 207	5 798
Población activa	-	-	523	1465	1452	1716	1748	2019	2158
Población ocupada	433	472	519	1449	1436	1530	1635	1851	2080
Población parada	-	0	-	16	16	186	113	168	78
Población ocupada en el sector minero	0	0	15	869	834	847	862	962	1013

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1988 - 2010, INEGI

Ficha 6. 19

INVENTARIO AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico
Componente	C.3.	Economía
Factor	C.3.2.	Economía regional

El Producto Interno Bruto (PIB) es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un periodo determinado. EL PIB es un indicador representativo que ayuda a medir el crecimiento o decrecimiento de la producción de bienes y servicios de las empresas de cada país, únicamente dentro de su territorio. Este indicador es un reflejo de la competitividad de las empresas.

En Colima el Producto Interno Bruto (PIB) ascendió a más de 69 mil millones de pesos en 2010, con lo que aportó 0.6 % al PIB nacional. Las actividades terciarias, entre las que se encuentran el comercio y los transportes, aportaron 69 % al PIB estatal en 2010 y la actividad minera participó con el 11%.

Cuadro C.3.2. 1 Estructura del Producto Interno Bruto en Colima (millones de pesos), 2010

	PIB 2010	Colima	Nacional	% Participación
Total		69,551	12,504,744	0.60 %
Actividades Primarias		4,174	439,244	1.00 %
Agricultura, ganadería, forestal, pesca y caza		4,174	439,244	1.00 %
Actividades Secundarias		17,598	4,320,102	0.40 %
Minería		1,227	1,079,586	0.10 %
Electricidad, agua y suministro de gas por ductos		1,537	156,217	1.00 %
Construcción		8,775	840,202	1.00 %
Industrias manufactureras		6,059	2,244,097	0.30 %
Actividades Terciarias		47,779	7,745,399	0.60 %
Comercio		11,071	2,049,929	0.50 %
Transportes, correos y almacenamiento		10,320	889,037	1.20 %
Información en medios masivos		1,400	395,546	0.40 %
Servicios financieros y de seguros		1,130	460,592	0.20 %
Serv. inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles		6,823	1,269,831	0.50 %
Servicios profesionales, científicos y técnicos		747	387,089	0.20 %
Dirección de corporativos y empresas		7	51,485	0.00 %
Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos		953	300,991	0.30 %
Servicios educativos		3,878	625,205	0.60 %
Servicios de salud y de asistencia social		2,981	372,319	0.80 %
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos		157	47,496	0.30 %
Hoteles y restaurantes		2,520	283,425	0.90 %
Otros servicios excepto actividades del gobierno		1,618	303,753	0.50 %
Actividades del gobierno		4,661	554,930	0.80 %
Intermediación financiera indirecta		-487	-246,228	0.20 %

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 2010 INEGI

El PIB en el estado de Colima desde 1993 mantiene un crecimiento lineal en los principales sectores, mientras que en la actividad minera generó una máxima producción en 1999 y empieza su descenso en el 2001 recuperándose de una manera constante. El comportamiento del Producto Interno Bruto en cada sector del Estado de Colima de 1993 al 2006 se muestra en las Figuras C.3.1.1 y C.3.1.2 donde se puede hacer una comparación con la actividad minera.

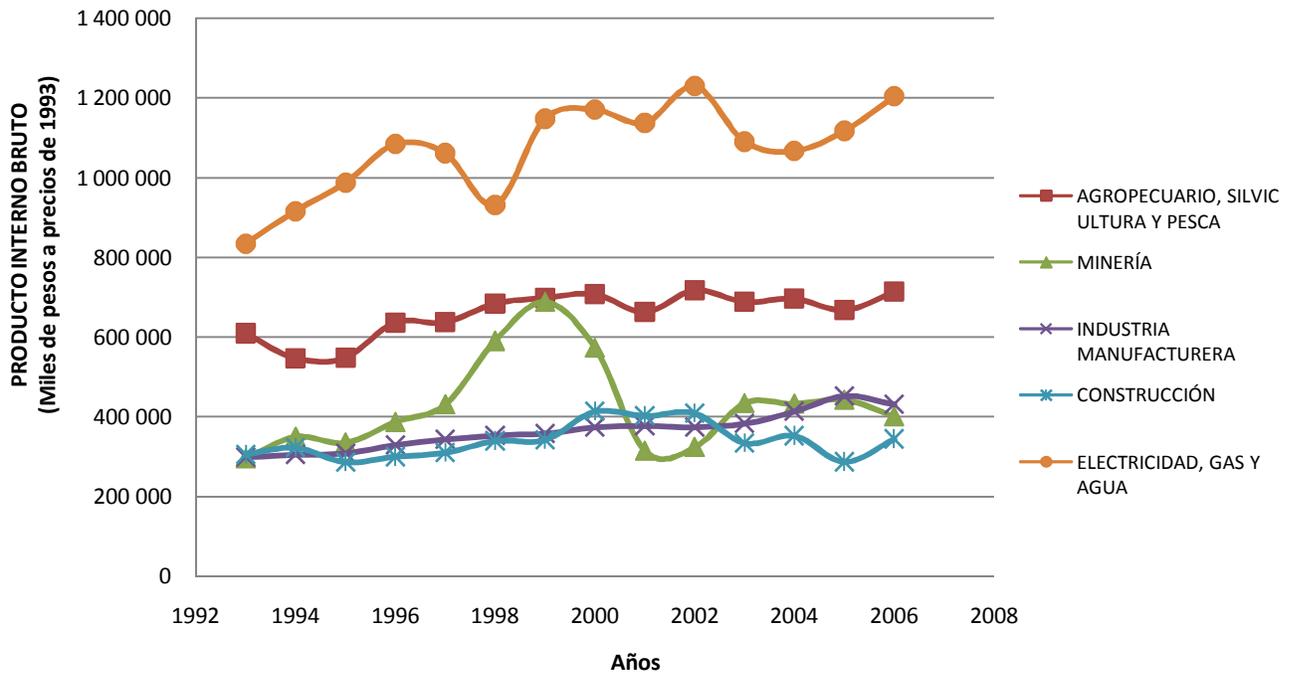


Figura C.3.2. 1 A) Producto Interno Bruto en el Estado de Colima (1993-2006)

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1993-2006

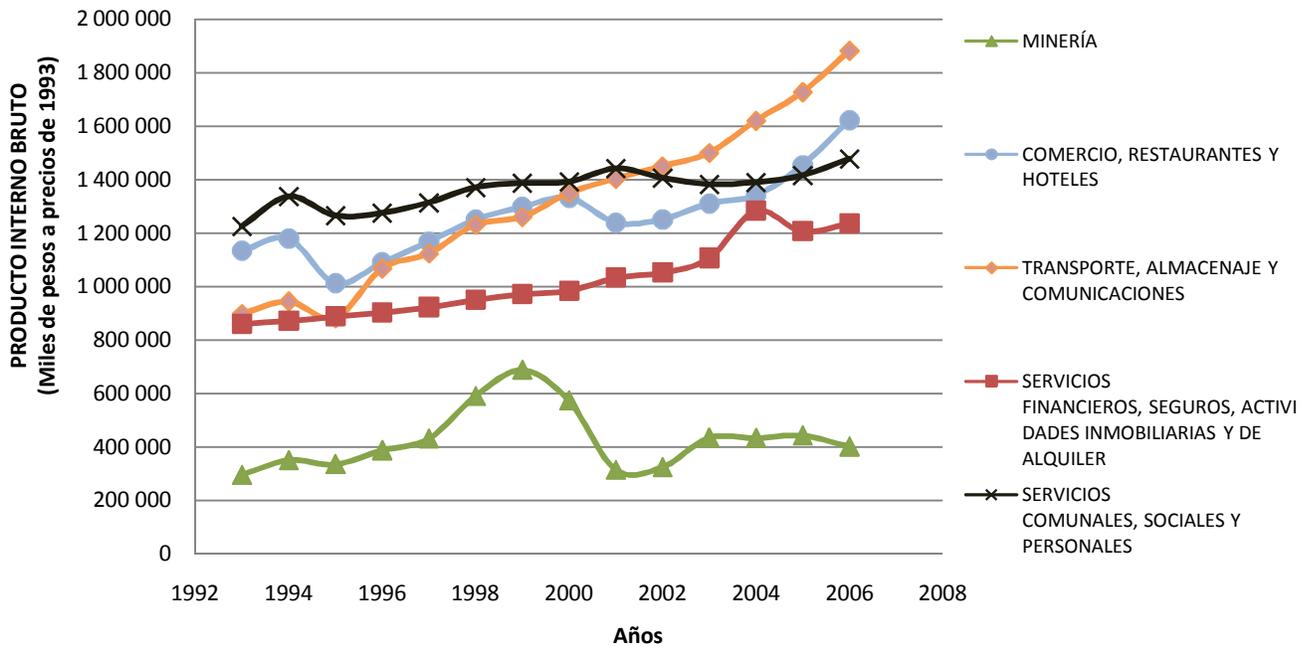


Figura C.3.2. 2 B) Producto Interno Bruto en el Estado de Colima (1993-2006)

Fuente: Anuario Estadístico del Estado de Colima, Edición 1993-2006

Producción de Minerales Siderúrgicos

Tras la crisis financiera global, la producción mundial de acero en 2010 mostró señales de recuperación al registrarse un crecimiento de 15%, habiéndose registrado pérdidas en el 2008 de -1.4% y 2009 -7.4%. Esta significativa alza, propició que minerales como el manganeso, coque y pellet de hierro también incrementaran su producción. De esta manera la demanda de mineral de hierro se incrementó debido a la recuperación en el consumo de acero y por la reposición de inventarios. China, el mayor consumidor de acero en el mundo, no es autosuficiente en mineral de hierro y, por el contrario, es el mayor importador con 70% de sus requerimientos.

Esa alta demanda propició que el precio internacional oscilara entre 120 a 170 dólares por tonelada, un significativo incremento frente al precio de 70 a 115 dólares por tonelada del 2009.

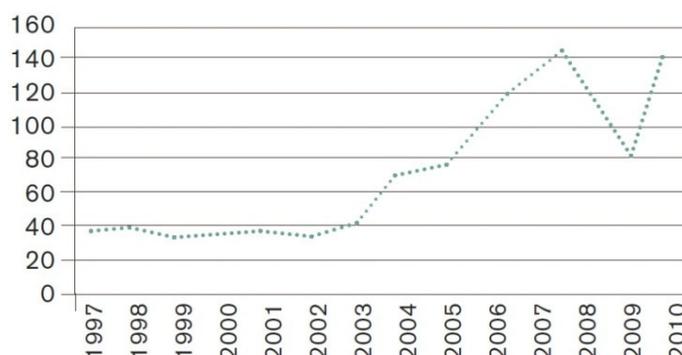


Figura C.3.2. 3 Precios del mineral de hierro (FOB dólar por tonelada)

Fuente: PLATTS, se refiere al precio de mineral de hierro puesto en China que normalmente proviene de Australia, India o Brasil, Informe Anual 2011, CAMIMEX.

Cabe destacar que México no posee significativas reservas de mineral de hierro, las cuales, sin embargo, cubren la demanda nacional actual y futura. Cifras del INEGI indican que se produjeron en nuestro país 13.9 millones de toneladas de mineral de hierro en 2010, 20% más que en 2009. En los estados de Colima, Durango y Michoacán se concentra el 100% del total de la producción.

De acuerdo con el Grupo de Minerales Siderúrgicos de la CAMIMEX la producción de pellets de hierro en el año fue de 13.8 millones de toneladas, 16% más que en 2009. Mientras que los datos anualizados del INEGI reportaron una producción de pellets de hierro de 7.9 millones de toneladas, con un valor de 7 mil 88 millones de pesos, 45% más que en 2009. Peña Colorada reporta producción récord en su proceso de pelletizado. Así mismo se reactivaron las producciones en las pelletizadoras de ArcelorMittal.

Cuadro C.3.2. 2 Producción nacional de pellets de mineral de hierro por empresa (miles de toneladas)

Empresa	2010	2009	Variación %
GAN	4,095	3,637	12.6
Peña Colorada	4,070	4,011	1.5
Ternium	1,756	1,756	-6.7
ArcelorMittal	3,910	2,626	54.8
Total	13,831	11,930	15.9

Fuente: Informe Anual 2011, Camara Minera de México (CAMIMEX)

La gran demanda de mineral de hierro en China ha provocado el crecimiento de la minería furtiva e ilegal en el mundo. Entre 2009 y 2010, en México se exportaron más de un millón de toneladas adicionales de mineral de hierro hacia China. Este

mineral fue exportado principalmente por los puertos de Lázaro Cárdenas y Manzanillo por 14 nuevas empresas, que actuaron como traders o consolidadores. La Secretaría de Economía está implantando medidas para controlar la exportación de mineral extraído ilegalmente. Problemas sociales derivados de actividades ilícitas ocasionaron bloqueos y paros de producción en las instalaciones de Ternium y ArcelorMittal durante el 2010.

En México se prevé superar marginalmente la producción de pellet debido al anuncio de proyectos de expansión de reservas. La tendencia mundial señala que los precios del mineral de hierro continuarán incrementándose de manera significativa.

Cuadro C.3.2. 3 Volumen anual de producción de fierro en Pellets, nacional, estado y municipio de Colima en el periodo 1986-2008 (Toneladas)

AÑO	NACIONAL	COLIMA	*CUAUHTÉMOC (Municipio)	MANZANILLO (Municipio)
1986	3,762,356	2,031,241	679,840	1,351,401
1987	4,214,531	2,408,126	751,342	1,656,784
1988	4,925,224	2,587,174	760,854	1,826,320
1989	4,851,852	2,759,799	754,485	2,005,314
1990	5,218,808	2,598,755	766,522	1,832,233
1991	4,909,669	2,426,716	658,382	1,768,334
1992	5,118,563	2,462,610	618,970	1,843,640
1993	5,302,787	2,637,080	730,799	1,906,281
1994	5,464,397	2,425,478	531,757	1,893,721
1995	5,561,706	2,428,069	489,639	1,938,430
1996	6,029,508	2,871,777	796,349	2,075,428
1997	6,173,934	2,888,115	732,957	2,155,158
1998	6,271,843	3,123,087	881,977	2,241,110
1999	6,803,132	3,291,753	994,065	2,297,688
2000	6,712,819	3,185,125	828,422	2,356,703
2001	5,261,787	2,081,994	41,647	2,040,347
2002	5,943,206	3,174,750	903,992	2,270,758
2003	6,746,595	3,257,503	969,654	2,287,849
2004	6,887,069	3,355,637	1,099,834	2,255,803
2005	7,012,306	3,625,473	1,291,976	2,423,497
2006	6,589,586	3,552,815	1,121,467	2,431,348
2007	7,323,121	3,682,809	1,238,405	2,663,908
2008	11,688,107	3,668,424	1,158,148	2,662,659

*En el municipio de Cuauhtémoc se encuentra Las Encinas que realiza la extracción, el beneficio y el pelletizado de mineral ferroso; la empresa pertenece al Corporativo Hylsamex

Fuente: INEGI. Estadística de la Industria Minerometalúrgica.

En la mina de Peña Colorada se calcula que las reservas contenidas en este yacimiento alcanzan las cifras de 154 millones de toneladas de mineral de fierro (magnetita) que pueden durar 25 años más.

6.4. Valoración de factores ambientales

La valoración de los factores ambientales dentro del inventario permite homogeneizar los elementos que son parte del medio y valorarlos según su calidad. Esto es, las medidas de las unidades no son comparables en la mayoría de los casos (metros, kilogramos, metros cúbicos, etc.), por lo tanto es necesario realizar una normalización mediante funciones de transformación y de ponderación de la importancia que tienen los distintos elementos y factores en el medio, con relación a la actuación.

Esta valoración se realiza para dar mayor detalle y enfoque a un elemento o factor ambiental (focalizar) y determinar qué valores son los elementos relevantes de los que no lo son; de esta manera, es posible tener una visión más objetiva en el uso de los datos. Generalmente para esta valoración se considera una serie de criterios que hacen que un factor ambiental tenga un valor o una calidad mayor a otros y se agrupan en 4 categorías que se muestran en el Cuadro 6.8, pueden usarse junto con otros criterios como la legislación y la normatividad para dar un valor final a un elemento ambiental.

Cuadro 6. 8 Criterios para valorización de elementos ambientales

Criterios científicos	Diversidad
	Representatividad
	Rareza
	Grado de endemismo
	Fragilidad
Criterios de productividad	Naturalidad
	Cultivo
	Turismo
Criterios Culturales	Extracción mineral
Criterios de percepción sensorial.	Singularidad
	Proporción de agua, vegetación y pendientes que hay en un lugar

Fuente: Estadística Garmendia A., Salvador A. Crespo C. Garmendia L. Evaluación de impacto ambiental. Madrid. Pearson Prentice Hall., 2005. p. 118

Con la lista de parámetros obtenidos y considerando los criterios citados, se pretende establecer un sistema para evaluar en unidades homogéneas (conmensurables) cada uno de los parámetros y tratar que los valores sean en lo posible, resultado de mediciones reales.

Al conseguir las medidas de los indicadores, correspondientes a cada uno de los 19 parámetros ambientales, se obtienen los valores en escala de calidad ambiental (CA) mediante el uso de funciones de transformación. Después, estos mismos valores se multiplican por las unidades de importancia (UIP) de cada parámetro y se obtiene una puntuación compuesta en unidades de impacto ambiental (UIA) de las condiciones del sitio generadas por la actividad minera.

6.4.1. Unidades de importancia del parámetro

Las unidades de importancia (UIP) se fijan a cada uno de los factores completando un total de 1000 puntos distribuidos en las categorías, componentes y parámetros, a través de consultas. Para este caso estudio se consideran procedimientos para la determinación de las unidades de importancia para cada parámetro que represente solo una parte del medio y al final todos ellos se puedan valorar en conjunto y mostrar la situación de una manera integral.

Es necesario que el procedimiento para la ponderación de las UIP refleje la diferencia entre los parámetros y considere la contribución al ambiente. De esta manera, se propone un índice ponderal de 1000 unidades distribuidas para cada uno de los parámetros, expresado en unidades de importancia. La técnica de ponderación empleada en el sistema de evaluación ambiental propuesto en la presente investigación, combina los siguientes procedimientos:

- * Comparación por pares no jerarquizados
- * Sistema de evaluación ambiental (SEA) Battelle-Columbus

Con el uso de estas técnicas de ponderación se pretende considerar los elementos de manera sistemática, tener mayor imparcialidad y menor sesgo personal o individual para poder realizar las comparaciones entre los elementos del sistema. Estas técnicas se muestran en el siguiente apartado.

Técnica de comparación por pares no jerarquizados

Las técnicas de ponderación de la importancia mediante comparación por pares, consisten básicamente en una serie de comparaciones entre factores de decisión. Estas técnicas se han utilizado mucho en la toma de decisiones, especialmente en estudios de impacto ambiental. El método puede ser usado por un individuo o por un grupo; consiste en comparar cada factor de decisión con cada uno de los demás factores de decisión de manera sistemática, en donde, cada elemento se compara con el resto, y se le asigna un valor de 1 al factor que se considere más importante y 0 al menos importante. Asignar un 0 no significa que dicho elemento no tenga importancia, sino que su importancia se considera menor que la del elemento con el que se está comparando. Si se consideran dos factores de igual importancia se le asigna un valor de 0.5 a cada factor del par. Es necesario añadir un elemento tonto o absurdo para evitar la asignación de un valor cero a algún elemento básico en la lista analizada.

Se debe realizar la asignación de las importancias relativas (0,1) comparando cada elemento con todos los demás de forma ordenada, documentando y justificando las asignaciones. Después de documentar y justificar los elementos asignados se suman y se calculan las unidades deseadas (10, 100, 1000, etc.) al valor de la suma de un factor individual dividido por la suma de los valores de todos los factores y se expresa como una fracción decimal.

El total de la suma debería ser igual a la ecuación:

$$C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$$

donde:

C_n^2 = Número de columnas (respuestas) para la comparación de los pares de elementos.

n = Número de filas para la comparación de los pares de los elementos.

Cuadro 6. 9 Ejemplo de asignación del peso de la importancia mediante la técnica de pares comparados

Elementos	Asignación jerárquica	Σ	CEI/ ₁	CEI/ _m	Jerarq	$0 \leq Imp \leq 1$
E1 (SUELO)	1 0 1 1	3	3/9	(3/9)(m)	1	$\frac{CEI_1}{\text{Máx}((CEI_1))}$
E2 (VEGETACIÓN)	0 1 0 1	2	2/9	(2/9)(m)	2	$\frac{CEI_1}{\text{Máx}((CEI_1))}$
E3 (AGUA)	1 0 0 1	2	2/9	(2/9)(m)	2	$\frac{CEI_1}{\text{Máx}((CEI_1))}$
...	0 1 1 1	3	3/9	(3/9)(m)	1	$\frac{CEI_1}{\text{Máx}((CEI_1))}$
E_n (Elem. Absurdo)	0 0 0 0	0	0	(0)(m)	NA	0
Total		9	1	m	NA	-

Nota: [NA] = No aplica, [n] = último elemento del conjunto de elementos analizados, [m] = unidades de importancia planteadas o propuestas (las unidades pueden ser de 1, 100, 1000), [i] = todo el conjunto de elementos, [-] = un valor x, [Jerarq] = Jerarquización, [$0 \leq Imp \leq 1$] = importancia entre valores de 0 y 1. Las dos últimas columnas de la derecha se incluyen para indicar que esta técnica puede ser utilizada para ayudar a jerarquizar y asignar valores proporcionales respecto a uno o unos elementos considerados de mayor importancia con valores enteros o racionales entre 0 y 1.

Fuente: Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, Larry W. Canter. México Mc Graw Hill, 1999

Sistema de Evaluación Ambiental Battelle – Columbus (SEAB)

Esta metodología inició principalmente para proyectos de recursos hidráulicos de la Oficina de Expropiaciones de los Estados Unidos. La técnica de ponderación utilizada por el grupo de trabajo que desarrolló el SEAB Battelle - Columbus, se basa en técnicas de ordenación psicosociales y en la aplicación de un método Delphi modificado.

Este método obliga a considerar todos los factores sistemáticamente de acuerdo a los criterios preseleccionados, y luego se hacen comparaciones sucesivas entre pares entre parámetros contiguos para elegir el grado de diferencia entre sus importancias para cada par de parámetros, lo que minimiza los sesgos personales, produce comparaciones consientes y mejora la convergencia de criterios. Las fases para la ponderación mediante el método SEAB se indican en el Cuadro 6.10

Cuadro 6. 10 Fases del Sistema de Evaluación Ambiental Batelle - Columbus

ETAPA	DESCRIPCIÓN
1	Elegir e integrar el grupo de personas para llevar a cabo la evaluación y explicarles con detalle el concepto de ponderación y el uso de sus jerarquías y asignación de pesos de importancia.
2	Jerarquizar las categorías, componentes y parámetros que se van a evaluar.
3	Asignar el valor de 1 a la primera categoría de la lista. Luego se compara la segunda categoría con la primera para determinar cuántas veces es mejor la segunda proporcionalmente con la primera y expresar este valor en decimales ($0 < x \leq 1$).
4	Continuar con la comparación de pares hasta que se hayan evaluado todas las partes de la lista (comparar la tercera con la segunda, la cuarta con la tercera, ect.)
5	Multiplicar porcentajes y expresarlos sobre un común denominador, utilizando los valores promedio de todas las personas que participan en el experimento.
6	Al ponderar por pesos de importancia de las categorías o componentes, ajustar los valores decimales del paso 5, si el número de los elementos es distinto a cada grupo de parámetros. El ajuste se hace con la proporción de valores decimales respecto al número de parámetros (elementos) incluidos en ese grupo*.
7	Multiplicar estos promedios por el número de unidades de importancia (UIP) que se distribuirán entre los parámetros del grupo respectivo.
8	Repetir los pasos 2 al 7 para todas las categorías, componentes y parámetros del SEAB.
9	Indicar a las personas del grupo, por retroalimentación controlada, los resultados del procedimiento de ponderación.
10	Repetir el experimento con el mismo grupo de personas u otro grupo para validar los resultados.

Fuente: Larry W. Canter. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, México Mc Graw Hill, 1999

- * Para ser matemáticamente correcto un sistema de evaluación jerárquico debería tener igual número de elementos. Sin embargo, no hay suficiente conocimiento o información en muchas de esas áreas para permitir un número igual de elementos al mismo nivel de detalle. Esta diferencia entre el número de elementos de un grupo a otro grupo debe ser tomada en consideración cuando se asignan las UIP en la jerarquización y valoración por pesos de importancia. Por lo tanto, en los procesos de jerarquización y asignación de pesos de importancia (pasos 1 al 5), se asumió un número igual de elementos en los grupos comparados. Estos juicios de valor fueron ajustados después en proporción al número de elementos de cada grupo. Debido a que el propósito de la ponderación fue asignar pesos a los parámetros, las comparaciones entre categorías y componentes deben estar basadas sobre valores promedio de las UIP para el grupo, no en la suma de los valores.

Técnica de ponderación propuesta

Para el presente trabajo se empleó un procedimiento adaptativo utilizando los métodos previamente mencionados, mediante la técnica de comparación por pares no jerarquizados para ponderar las categorías, los componentes y factores ambientales que se seleccionaron previamente; en la ponderación se le asignó un valor de 1 a la primera categoría sobre la ordenación jerárquica y se comparó ésta con las siguientes categorías de forma ordenada en los rangos, considerando 1 como el factor más importante y 0 el factor menos importante, y en casos donde la ponderación se considera importante en ambas factores se califico con 0.5 en ambos factores comparados y obtener una distribución total de 1000 unidades UIP en todos los elementos del árbol de factores. Por otra parte, se aplicó el método del Sistema de Evaluación Ambiental Battelle – Columbus (SEAB) que asigna pesos o importancia a cada parámetro, con este método se obtuvo otra distribución de UIP para compararla con la distribución propuesta por el método

de pares jerarquizados y realizar un ajuste o promedio de UIP definitivos para cada uno de los elementos establecidos (categoría, componentes y factores del árbol de factores ambientales). El desarrollo se muestra en el ANEXO A de este trabajo. El Cuadro 6.11 muestra la estructura completa del sistema de evaluación ambiental.

Cuadro 6. 11 Ponderación de UIP para los factores ambientales de la zona estudio

Categoría	UIP	Componentes	UIP	Factores	UIP
A) Medio físico	453.96	A.1. Tierra - Suelo	226.98	A.1.1. Relieve y carácter topográfico	134.77
				A.1.2. Erosión	92.21
		A.2. Agua	198.61	A.2.1. Calidad del agua superficial	137.50
				A.2.2. Recarga acuífero	61.11
		A.3. Clima	28.37	A.3.1. Régimen térmico	18.91
				A.3.2. Precipitación	9.46
B) Medio biológico	322.66	B.1. Flora	241.99	B.1.1. Vegetación natural terrestre	134.44
				B.1.2. Especies en peligro de extinción	107.55
		B.2. Fauna	80.66	B.2.1. Especies en peligro de extinción	80.66
C) Medio socioeconómico	223.38	C.1. Población	62.83	C.1.1. Distribución y densidad de habitantes	18.85
				C.1.2. Distribución del tipo de uso de suelo	35.60
				C.1.3. Migración	8.38
		C.2. Infraestructura	55.84	C.2.1. Vivienda	4.53
				C.2.2. Salud	9.06
				C.2.3. Seguridad	7.55
				C.2.4. Vialidades	10.57
				C.2.5. Generación de residuos	24.15
		C.3. Economía	104.71	C.3.1. Generación de empleo	43.63
				C.3.2. Economía regional	61.08
Total UIP	1000		1000		1000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Identificación de impactos ambientales

Uno de los objetivos de la etapa de evaluación es identificar los impactos asociados a las diferentes fases de un proyecto y sus alternativas. La identificación de impactos consiste en reconocer la relación causa – efecto en cada una de las acciones y factores ambientales señalados como relevantes. La evaluación termina con un juicio sobre los efectos, si son significativos y notables se consideran como impactos; los impactos se pueden llegar a definir con un enjuiciamiento simple o por una valoración cualitativa y cuantitativa. Las principales características de los impactos ambientales se definen en el Cuadro 6.12.

Esta identificación de la relación causa – efecto permite reconocer el impacto potencial y representa una actividad crítica en las evaluaciones, ya que es necesario conocer las actividades asociadas al proyecto

que producen una alteración a las características de los factores y atributos ambientales. Hay que tomar en cuenta que estos impactos no son simples y es necesario considerar una estimación de los mismos.

Cuadro 6. 12 Características de los impactos ambientales

Categorías de impacto ambiental (magnitud)	
Impacto ambiental compatible	La recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras (mitigación).
Impacto ambiental moderado	La recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
Impacto ambiental severo	La recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y, aun con esas medidas, la recuperación precisa un período de tiempo para la recuperación del medio.
Impacto ambiental crítico	Aquél cuya magnitud es mayor al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras. El impacto es crítico si se pierde el factor.
Descripción cualitativa de los impactos	
Signo (+/-)	El signo puede ser + o – con base en el tipo de efecto que puede ser beneficioso o perjudicial
Efecto positivo	Este efecto es admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis de costo - beneficio genérico y de las externalidades de la actuación considerada.
Efecto negativo	Implica una pérdida de valor naturalístico, ecológico, estético-cultural, paisajístico, o en el aumento de los perjuicios derivados de la contaminación.
Relación causa-efecto	
Efecto directo	Aquél que tiene una incidencia inmediata en algún aspecto ambiental.
Efecto indirecto o secundario	No supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia, o, en general, respecto a la relación de un sector ambiental con otro.
Acumulación	Son efectos simples, acumulativos o sinérgicos según la forma de interaccionar con otros efectos.
Efecto simple	Aquél que se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.
Efecto acumulativo	Es aquél que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecerse de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño.
Efecto sinérgico	Se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales consideradas aisladamente. Asimismo, se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce en el tiempo la aparición de otros nuevos.
Intensidad (In)	Grado de destrucción del factor ambiental se clasifican los impactos en <i>total</i> , si la destrucción del factor es completa, <i>notable</i> si es elevada, <i>media</i> y <i>mínima</i> si es muy pequeña.
Características espaciales del impacto (EX)	Si la medida del impacto se realiza por la <i>extensión</i> de la superficie afectada se dice que puede ser <i>puntual</i> , <i>local</i> , <i>parcial</i> o <i>extensiva</i> y considerar incluso si la ubicación es <i>crítica</i> .
Momento (MO)	Es la incidencia de la acción en el tiempo, se clasifican los efectos a corto (si el efecto se produce en un tiempo menor de un año), mediano (de 1 a 5 años) y largo plazo (el efecto se produce en un tiempo de más de 5 años).
Persistencia (P)	Trata de las características del impacto con relación al tiempo:
Efecto permanente	Supone una alteración indefinida en el tiempo de factores ambientales en la estructura o en la función de los sistemas de las relaciones ecológicas o ambientales presentes en el lugar.
Efecto temporal	Supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación (1 a 5 años) que puede estimarse o desestimarse Un efecto temporal va ser siempre reversible y recuperable. Los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, y recuperables o irrecuperables.
Reversibilidad (Rv)	La definición del concepto de reversibilidad habla de procesos naturales y de medio plazo. Es decir, que de forma natural, al cesar la acción, el medio sea capaz de eliminar el efecto antes de cinco años.
Efecto reversible	La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a medio plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio regresa a sus condiciones naturales.
Efecto irreversible	Aquél que supone la imposibilidad o la <i>dificultad extrema</i> de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.
Recuperabilidad (Rc)	
Efecto recuperable	Aquél en que la alteración puede eliminarse, bien por la misma acción natural, bien por la acción humana y, asimismo, aquél en que la alteración que supone puede ser reemplazable.
Efecto irrecuperable	Aquél en que la alteración o pérdida es imposible de restaurar o reparar, tanto por la acción natural como por la humana. En ocasiones se puede catalogar el efecto como <i>mitigable</i> si la alteración que produce puede paliarse o mitigarse mediante medidas preventivas o medidas correctoras, y <i>de fugaz</i> , si es recuperable y su recuperación es inmediata sin necesidad de medidas correctoras, es decir, cuando cesa la acción, cesa el efecto.

Fuente: Elaboración propia

Para la identificación de impactos potenciales en el caso estudio se empleó una técnica matricial. Las matrices interactivas (causa – efecto) fueron las primeras metodologías de EIA, éstas muestran las acciones del proyecto o actividades en un eje y los factores ambientales pertinentes a lo largo del otro eje de la matriz. Cuando hay una acción que genera un cambio en el factor ambiental, este se indica en el punto de intersección de la matriz y se describe además en términos de su importancia.

Una ventaja de la matriz es poder describir la interacción en términos de magnitud e importancia empleando un valor numérico que se asigna de acuerdo al juicio subjetivo de la persona o del grupo multidisciplinario que trabaja en el estudio. Con el paso del tiempo se han creado diversas variantes de matrices para la evaluación de los impactos, algunas permiten la descripción de los impactos mediante los atributos o cualidades de los mismos mediante el empleo de uso de símbolos en cada una de las fases del proyecto (construcción, operación, etc.), dichos efectos pueden ser benéficos o adversos, directos e indirectos, etc.

Técnica matricial empleada en el caso estudio

El planteamiento de la matriz consideró una valoración cualitativa para mejorar la objetividad del juicio de valor del analista. Se utilizó el árbol de acciones en cada una de sus fases y el árbol de factores ambientales propuestos anteriormente. Se valoraron las características de las relaciones causa- efecto de los impactos originados por la actividad correspondiente así como la magnitud de dicho impacto (Cuadro 6.13-6.15).

Cuadro 6. 13 Listado de acciones asociadas al proyecto en sus diferentes fases

Preparación del sitio sitio	Desarrollo	Operación y mantenimiento	Cierre y post-operación
1 Desmonte y despalme	8 Construcción de caminos de acceso	14 Polvorín	26 Manejo de terreros
2 Barrenación y voladura		15 Suministro de combustibles y lubricantes	
3 Excavación cortes y rellenos	9 Edificios y obras asociadas	16 Movimiento de maquinaria y acarreo de material	27 Presa de jales
		17 Trituración y molienda	
4 Transporte de material y movimiento de maquinaria	10 Instalación de maquinaria	18 Suministro de agua	28 Edificios, talleres y almacenes
		19 Suministro de energía eléctrica	
5 Suministro de combustibles	11 Transporte de material	20 Manejo de residuos líquidos del proceso (jal)	29 Residuos peligrosos
		21 Manejo de residuos peligrosos (aceites)	
6 Suministro de agua	12 Suministro de agua	22 Manejo de residuos de manejo especial (terreros)	
		23 Manejo de residuos sólidos (basura)	
7 Manejo de residuos	13 Manejo de residuos	24 Manejo de agua residual sanitaria	30 Residuos de manejo especial (llantas)
		25 Viveros	

Cuadro 6. 14 Matriz de evaluación ambiental.

Medio	Componente	Factores Ambientales	Características de los impactos							Evaluación					Obra o actividad generadora de impactos (Cuadro 6.13)							
			1	2	3	4	5	6	7	Magnitud												
			Benéfico	Adverso	Directo	Indirecto	Temporal	Permanente	Localizado	Extensivo	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable		Medidas de mitigación		Compatible	Moderada	Severa	Crítica	Ausencia de impactos
Si	No																					
Medio físico	Tierra - Suelo	Relieve y carácter topográfico	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,2	
		Erosión	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8, 9, 16, 22, 26	
	Agua	Calidad del agua superficial	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6,9,12,18, 20,24,27, 28	
		Recarga acuífero	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6,12,18	
	Clima	Régimen térmico																			*	
		Precipitación																			*	
Medio biológico	Flora	Vegetación natural terrestre	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,20,25	
		Especies en peligro de extinción	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,2,8,9,25	
	Fauna	Especies en peligro de extinción	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,8,9	
Medio socioeconómico	Población	Distribución y densidad de habitantes	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	*	1,9	
		Distribución del tipo de uso de suelo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1,8,9, 14-17,22, 26-28
		Migración	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	1,9	
	Infraestructura	Vivienda	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	9	
		Salud	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	9	
		Seguridad	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	9	
		Vialidades	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	1,8,9	
	Economía	Generación de residuos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7,13,20- 24, 26-30
		Generación de empleo	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	1-30	
		Economía regional	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	NA	NA	*	*	*	*	*	*	1-30	

Nota: NA=No Aplica

Cuadro 6. 15 Matriz de evaluación ambiental

	Total	Características de los impactos											Evaluación			
		2		3		4		5		6		7	Magnitud			
		Directo	Indirecto	Temporal	Permanente	Localizado	Extensivo	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Medidas de mitigación	Compatible	Moderada	Severa	Critica
Benéfico	7	4	3	2	5	5	2	2	5	NA		NA	0	0	NA	
Adverso	10	6	3	1	8	5	4	0	8	7	2	5	1	1	5	2
Ausencia de impactos	2															

Nota: NA=No Aplica

Como resultado del Cuadro 6.14 no se atribuye un impacto asociado a los componentes clima y precipitación, sin embargo, en época de lluvias hay un arrastre de material estéril y de suelo que se acumula en los ríos en forma de azolve, a causa de derrames o fallas ocasionados por actividad minera.

Es necesario señalar que la empresa minera está implantando medidas de mitigación para los medios físico y biológico. Estas medidas se están llevando a cabo en algunas áreas de la mina y la presa de jales, la cual se encuentra en su fase de cierre, mientras que a unos cuantos kilómetros de la zona de estudio se está terminando la construcción de la nueva presa de jales.

6.5. Valoración de impactos ambientales

La valoración de impactos ambientales en el caso de estudio se efectuó mediante la Metodología de Batelle – Columbus, ajustado a una escala de calidad ambiental por medio de funciones de transformación que permite obtener un valor unitario para cada factor sin y con proyecto. La cuantificación del impacto incluye su carácter (si es positivo o si es negativo) y magnitud (en unidades de impacto según la escala normalizada). La suma ponderada de los valores de impacto ambiental permite obtener la estimación por componente ambiental o global. La ecuación para la determinación del grado de impacto en cada parámetro es la siguiente:

$$UIA_j = \sum_{i=1}^n CA_{ij} \times UIP_i$$

donde:

UIA_j = Unidades de Impacto Ambiental para el caso en estudio

CA_{ij} = Calidad ambiental para el factor i y la acción j

UIP_i = Unidades de importancia del parámetro para el factor i

6.5.1. Índice de Calidad Ambiental (CA)

Este valor se determina a partir de la medición de parámetros en sus respectivas unidades y posterior conversión, a través de funciones de transformación para cada parámetro en una escala de 1 a 0 donde 0 es pésima o baja calidad y 1 excelente o alta calidad.

6.5.2. Funciones de Transformación

Las funciones de transformación relacionan la magnitud de un factor ambiental y la calidad ambiental, expresando el impacto producido en función de la magnitud en unidades homogéneas. Las funciones permiten homogeneizar las diferentes unidades de medida de los indicadores de los factores afectados por cada proyecto o actividad (Figura 6.8). De esta manera, la ecuación de la función de transformación del valor CA para cada parámetro (i) en función de su magnitud (M) es la siguiente:

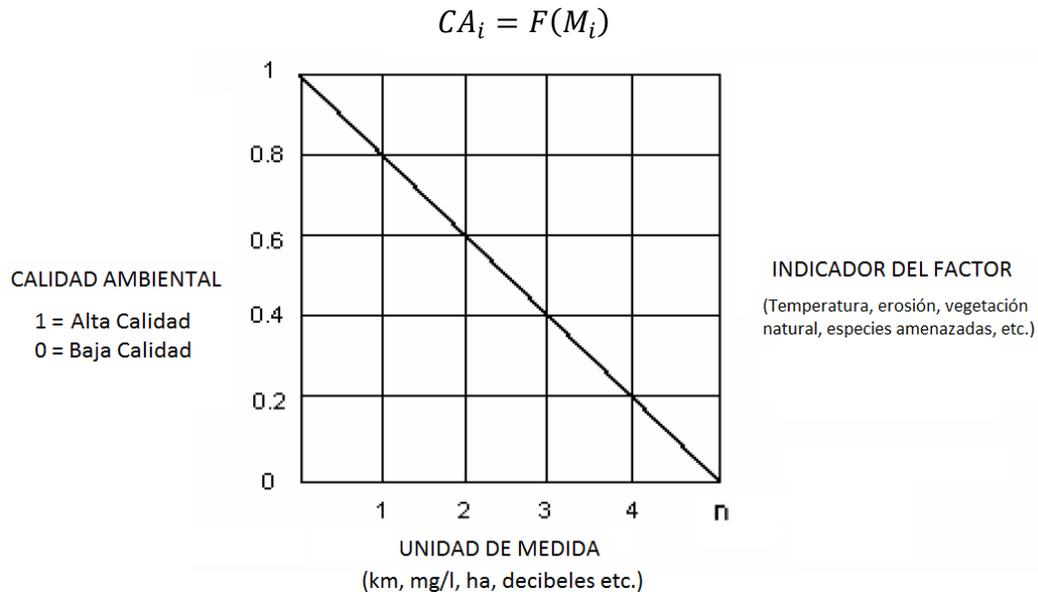


Figura 6. 8 Función de Transformación
Fuente: Valoración de Impactos Ambientales

La elaboración de las funciones de transformación requiere considerar criterios científicos, normatividad, la apreciación de la población y valores sociales. Es recomendable determinar la relación entre el parámetro y la calidad del ambiente, con el fin de delimitar la escala del eje de las abscisas para cada parámetro y ajustar el eje de las ordenadas en el intervalo de 0 a 1. La función puede ser lineal o no, con pendiente positiva o con pendiente negativa, de acuerdo a los criterios de los participantes en el proyecto. En el caso estudio, se consideró la normatividad, así como el uso funciones de transformación ya existentes que fueron modificadas y elaboradas para estudios de impacto ambiental, El resumen de la valoración se encuentra en las Fichas 6.20 a 6.39.

Ficha Técnica 6. 1

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico	Unidades de importancia	453.96
Componente	A.1.	Tierra-Suelo		226.98
Factor	A.1.1.	Relieve y carácter topográfico		134.77

Para este factor se evalúa la pérdida del relieve natural a través del tiempo debido a la actividad minera y población urbana. El área de la zona de estudio corresponde a 38.19 km²

Índice

$$I = \frac{\text{Superficie alterada}}{\text{Superficie total ámbito de referencia}} \times 100$$

Función de Transformación

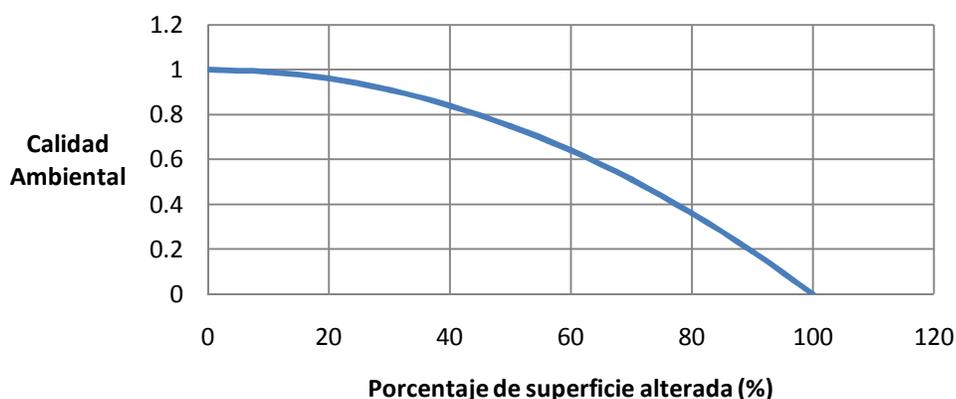


Figura A.1. 1 Función de transformación del factor ambiental relieve y carácter topográfico

Cuadro A.1.1. 3 Valoración Ambiental

AÑOS	ÁREA MINA (km ²)	ÁREA PRESA (km ²)	URBANO (km ²)	TOTAL (km ²)	INDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956	0	0	0	0	0	1
1971	0	0	0	0	0	1
1985	3.10	0.33	0.22	3.64	9.5	0.99
1990	3.39	0.70	0.31	4.40	11.5	0.99
1995	4.81	0.75	0.31	5.87	15.4	0.98
2000	5.36	1.13	0.31	6.80	17.8	0.97
2005	5.41	1.45	0.31	7.17	18.8	0.96
2010	5.45	1.48	0.33	7.26	19.0	0.96

Valoración

El relieve y carácter topográfico ha disminuido de manera no significativa debido a que, el área de las zonas urbanas no presenta un crecimiento notable. Para el área de la mina y de la presa el porcentaje de expansión ha sido pequeño, esto se debe a la existencia de áreas reforestadas en parte de algunos terreros de la zona de explotación, mientras que en la presa de jales su incremento a través de los años es menor debido a que ha llegado a su máxima capacidad. El impacto se considera adverso, permanente porque el tiempo de recuperación es mayor de 5 años, irreversible pero con posibilidad de recuperación, lo que lo cataloga como un impacto crítico.

Ficha Técnica 6. 2

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico	Unidades de importancia	453.96
Componente	A.1.	Tierra-Suelo		226.98
Factor	A.1.2.	Erosión		92.21

Se refiere a los procesos que provocan la degradación del suelo por agentes atmosféricos, hidrológicos o por las actividades humanas provocando una disminución de su productividad biológica o de su biodiversidad, así como de la capacidad actual y/o futura para sostener la vida (Oldeman, 1998). En esta ficha técnica se valora la erosión causada por la actividad minera, ya que es necesario el desmonte y el despalme para la explotación a cielo abierto y la formación de terreros en la zona. Se consideraron coeficientes de erosión representativos para diferentes coberturas de suelo ya que los valores obtenidos son muy utilizados y aceptados para una aproximación, Cuadro A.1.2.1.

Cuadro A.1.2. 2 Coeficiente de erosión representativos para distintos usos del terreno

	Uso del terreno		
	Ton /km ² /año	Ton/mi ² /año	Para bosque = 1
Bosque	8.5	24	1
Pastizal	85	240	10
Explotación a cielo abierto abandonada	850	2400	100
Tierra de cultivo	1700	4800	200
Bosque cosechado	4250	12000	500
Explotación a cielo abierto	17000	48000	2000
Construcción	17000	48000	2000

Índice

$$I = \frac{\sum_i^n \text{Superficie zona } i \times \text{Pérdida de suelo en } i}{\text{Superficie total ámbito de referencia}}$$

Función de Transformación

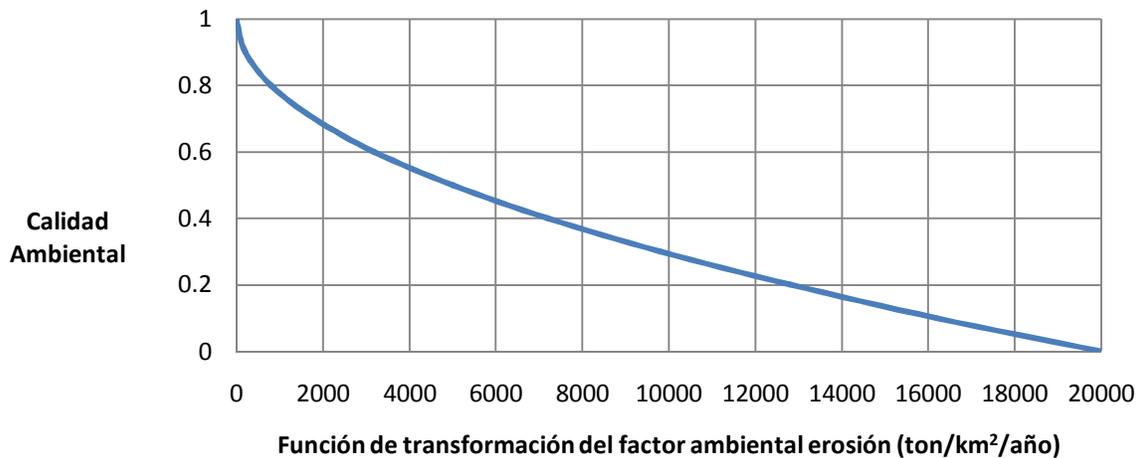


Figura A.1.2. 1 Función de transformación del factor ambiental erosión

Se consideró como coeficiente de erosión de 8.5 ton/km²/año para bosque y 17000 ton/km²/año para áreas urbanas y mineras.

Cuadro A.1.2. 3 Valoración Ambiental

AÑO	BOSQUE (km ²)	AREA EXPLOTACION A CIELO ABIERTO (km ²)	URBANO (km ²)	INDICE	CALIDAD
1956	38.19	0.00	0	8.50	0.98
1971	38.19	0.00	0	8.50	0.98
1985	34.55	3.42	0.22	1629.42	0.71
1990	33.80	4.09	0.31	1963.73	0.69
1995	32.32	5.56	0.31	2621.33	0.63
2000	31.39	6.49	0.31	3033.95	0.61
2005	31.02	6.86	0.31	3198.68	0.60
2010	30.96	6.93	0.33	3237.50	0.59

Valoración

Al inicio de la operación minera se remueve la capa de suelo, lo cual genera una pérdida del recurso. No necesariamente se presenta el fenómeno de erosión en esta etapa, sin embargo, en la fase de desarrollo y en la de operación y mantenimiento, en la época de lluvias se presenta un arrastre considerable de material estéril y de suelo (lodo) en los alrededores de la mina, indicando una afectación debido a la erosión. En cuestión de calidad para los años de 1956 y 1971 se consideró una calidad de 0.98 por las condiciones propias del medio (bosque principalmente) que tienen un coeficiente de erosión menor que un terreno en el que se realizan actividades de minería. Con el tiempo y debido al crecimiento del área de explotación, la pérdida de suelo y la formación de terreros son elementos importantes que indican el aumento de la erosión disminuyendo su calidad, que para el 2010 tiene un valor de 0.59. En virtud de lo anterior el impacto se estima como adverso y crítico, indirecto como resultado de la pérdida de suelo, permanente, extensivo debido al arrastre de material generado en la época de lluvias e irreversible.

Ficha Técnica 6. 3

EVALUACIÓN AMBIENTAL

		Unidades de importancia
Categoría	A. Medio físico	453.96
Componente	A.2. Agua	198.61
Factor	A.2.1. Calidad del agua superficial	130.50

La calidad o el grado de contaminación del agua se evalúa con el Índice de Calidad del Agua (ICA). Mediante 18 parámetros físico-químicos a los cuales se les asigna un valor de importancia relativa, se obtiene un índice en una escala de 0 (altamente contaminado) a 100 (No contaminado) para indicar el grado de contaminación del cuerpo de agua. Véase el ANEXO B donde se describe el procedimiento de este método.

Índice

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

- ICA = Índice de calidad del agua global
- I_i = Índice de calidad para el parámetro i
- W_i = Valor de la importancia relativa del parámetro i
- n = Número total de parámetros

Para el cálculo del ICA se obtienen los índices de calidad de cada uno de los parámetros seleccionados a analizar (pH, turbiedad, color, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, conductividad eléctrica, alcalinidad, nitratos, fosfatos, etc.). Cada parámetro tiene una importancia relativa o peso ponderando ya reportado; posteriormente se calcula el índice general de la

calidad del agua y se compara con la calificación, véase Figura A.2.1. Con los registros de calidad obtenidos anteriormente, se determinó la valoración ambiental para cada uno de los años estudiados.

VALOR	ICA	USOS DEL AGUA					
	CRITERIO GENERAL	ABASTECIMIENTO PÚBLICO	RECREACIÓN GENERAL	PESCA Y VIDA ACUÁTICA	INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA	NAVEGACIÓN	TRANSPORTE DESECHOS TRATADOS
100	NO CONTAMINADO	NO REQUIERE PURIFICACIÓN	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUÁTICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACIÓN	ACEPTABLE	ACEPTABLE
90		LIGERA PURIFICACIÓN			LIGERA PURIFICACIÓN		
80	ACEPTABLE	MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE	EXCEPTO ESPECIES MUY SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA	ACEPTABLE	ACEPTABLE
70	POCO CONTAMINADO			DUDOSO			
60		CONTAMINADO	DUDOSO	SIN CONTACTO CON EL AGUA	SOLO ORGANISMOS MUY RESISTENTES	CON TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA	ACEPTABLE
50	USO MUY RESTRINGIDO			USO MUY RESTRINGIDO			
40	CONTAMINADO	DUDOSO	USO MUY RESTRINGIDO	SOLO ORGANISMOS MUY RESISTENTES	CON TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA	ACEPTABLE	ACEPTABLE
30			INACEPTABLE				
20	ALTAMENTE CONTAMINADO	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE	INACEPTABLE
10			INACEPTABLE				
0							INACEPTABLE

Figura A.2.1. 2 Calificación del Agua en función del ICA

Cuadro A.1.2. 4 Valoración ambiental

AÑO	ICA	CALIDAD AMBIENTAL
1956	90.00	0.90
1971	90.00	0.90
1985	49.77	0.49
1990	71.58	0.71
1995	49.19	0.49
2000	83.44	0.83
2005	65.82	0.65
2010	81.98	0.81

Valoración

Debido a la falta de estudios previos, se consideraron los datos disponibles del año más cercano al 2000, que fue el 2001, para una mejor interpretación de los datos obtenidos. Para los años 2005 y 2010, se consideraron los estudios realizados en cuestión de calidad del agua correspondientes a la ficha 6.2 del inventario ambiental. Para 1985 al 2000 ya se tenía una calificación del ICA por estudios realizados por CONAGUA. La calidad del agua para el periodo de 1956 a 1971 se estimó de 0.9 (No contaminado) esto es muy cercano al valor óptimo, porque antes de la actividad minera en el pueblo de Minatitlán se desarrollaban apenas unas cuantas zonas agrícolas, por esta razón se consideró como principal aporte las aguas residuales domésticas generadas por la población de Minatitlán de 1956 a 1971. Para los periodos restantes la principal causa de la alteración de la calidad del agua es la actividad agrícola realizada en los alrededores de la cabecera Municipal de Minatitlán, seguida por la actividad minera y el crecimiento de la población aguas arriba de la zona, obteniendo una calidad de "Poco Contaminado" a "Aceptable". La actividad minera aporta metales pesados al río por medio de arrastre durante la época de lluvias. Con respecto a las concentraciones de metales, son menores que los límites máximos permisibles fijados por la NOM-001-SEMARNAT-1996. Generalmente la concentración aumenta en la época de lluvias y también por derrames o fugas que hay en el transporte del jal o de la ganga del mineral que va hacia Manzanillo. La variación de la calidad del agua presenta una mala calidad en el año de 1985 con un valor de 0.49 pero se aprecia una mejoría con el tiempo, alcanzando una calidad de 0.81. Este impacto se considera como adverso, indirecto, temporal y de magnitud crítica.

Ficha Técnica 6. 4

EVALUACIÓN AMBIENTAL

			Unidades de importancia
Categoría	A.	Medio físico	453.96
Componente	A.2.	Agua	198.61
Factor	A.2.2.	Recarga acuífero	61.11

Otro aspecto importante en la actividad minera es que se utilizan grandes cantidades de agua para el proceso de beneficio, si la tasa de extracción de un acuífero supera a su tasa de recarga natural, baja el nivel de agua freática alrededor del pozo en explotación, creando un volumen carente de agua. Esto provoca que el nivel freático disminuya, por lo que se hace más difícil y costosa la extracción. Es conveniente mencionar que este factor solo considera la recarga del acuífero y no la calidad del mismo.

El balance del agua subterránea en su forma más simple, está representado por la expresión:

$$\text{Recarga total (Suma de las entradas)} = \text{Cambio de almacenamiento} + \text{Descarga total (Suma de salidas)}$$

Para el caso de Peña Colorada, la recarga media anual del acuífero Minatitlán para el periodo de (1979-1990) se presenta en el Cuadro A.2.2.1.

Cuadro A.2.2. 2 Recarga media anual del acuífero Minatitlán (Millones de metros cúbicos)

Entradas (Mm ³)		Salidas (Mm ³)	
Recarga Vertical	1.12	Flujo Subterráneo	0.202
Recarga Inducida	0.53	Descargas Naturales	
Flujo subterráneo	8.45	Evapotranspiración	0
Recarga Total	10.1	Bombeo	5.6

Fuente: Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, 2009

Índice

$$I = \frac{\text{Variación de la recarga } \left(\frac{\text{hm}^3}{\text{año}}\right)}{\text{Recarga } \ll \text{sin} \gg \text{ proyecto } \left(\frac{\text{hm}^3}{\text{año}}\right)} \times 100$$

Para el desarrollo de la ecuación se considerará que la recarga sin proyecto es de 10.1 hm³ al año considerando una descarga natural de 0.202 hm³. La variación de la recarga para los años de 1985 al 2010 será de 4.5 hm³ al bombeo de 5.6 hm³ generado por el proyecto.

Función de transformación

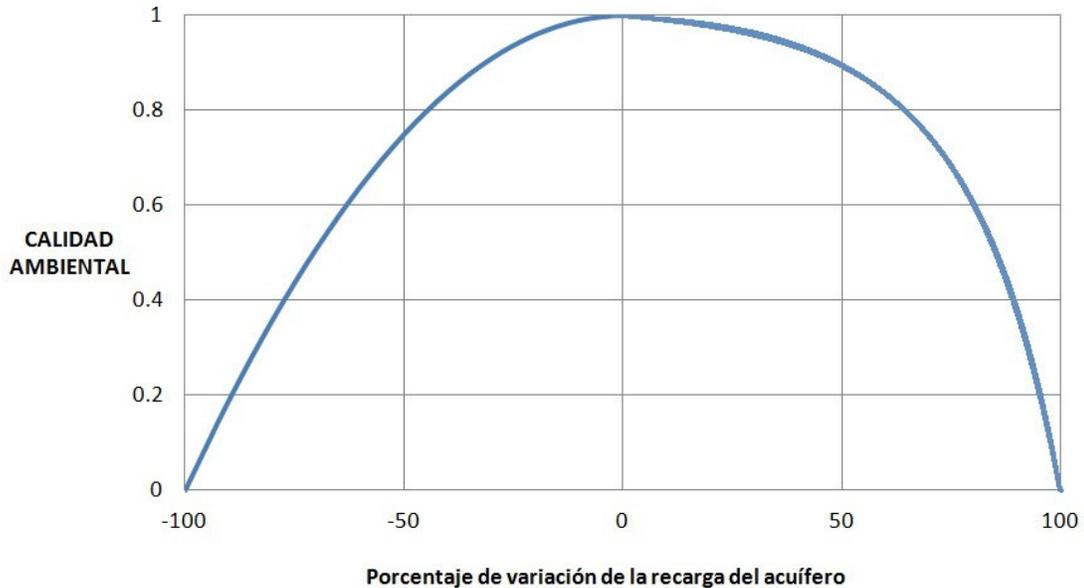


Figura A.2.2. 2 Función de transformación del factor ambiental recarga de acuífero

Cuadro A.2.2. 3 Valoración ambiental

PERIODO	RECARGA (hm ³)	DISPONIBLE (hm ³)	VARIACION (hm ³)	INDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956 - 1971	10.1	9.898	0.2	2.00	0.99
1985 - 2010	10.1	4.298	5.8	57.45	0.88

Valoración

Las características hidrogeológicas del acuífero, aun con el proyecto minero, indican que tiene un volumen disponible de agua de 6,354,253 metros cúbicos por año (m³/año), esto implica que puede ser usado para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Minatitlán, estimándose un valor para los años de 1985 al 2010 de 0.88 mientras, que en los años sin proyecto hay una descarga natural teniendo como calidad 0.99, considerándose como un impacto adverso, directo y permanente mientras se sigue desarrollando la actividad minera. El impacto se considera de magnitud compatible porque es recuperable tras el cese de la actividad.

Ficha Técnica 6. 5

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico	Unidades de importancia	453.96
Componente	A.3.	Clima		28.37
Factor	A.3.1.	Régimen térmico		18.91

Se asumió que en 1956 la temperatura media ponderada fue de 23.4°C, ya que el registro de temperatura más cercano a esta fecha fue en 1964.

Función de Transformación

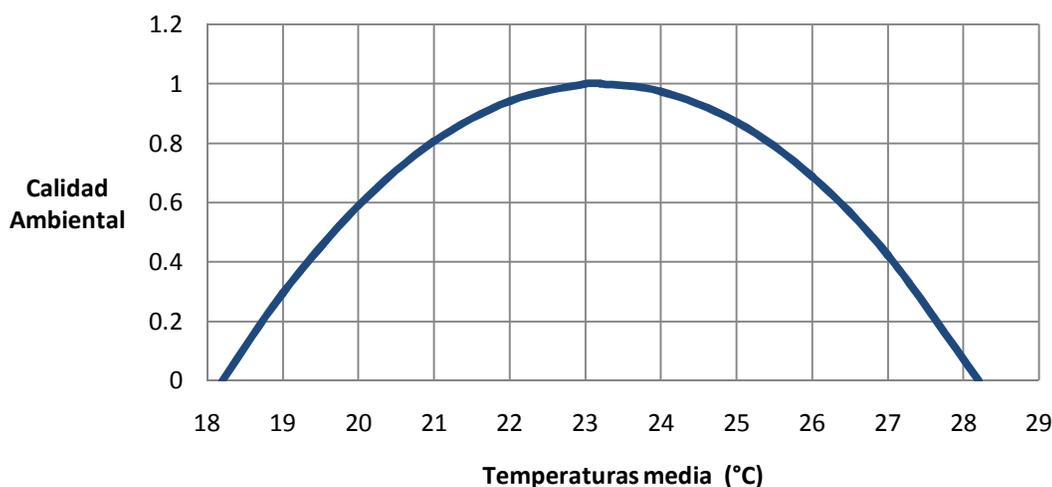


Figura A.3.1. 1 Función de transformación del factor ambiental de las temperaturas medias ponderadas

Cuadro A.3.1. 2 Valoración ambiental

AÑO	TEMPERATURA MEDIA PONDERADA	CALIDAD AMBIENTAL
1956	23.4	0.99
1971	23.0	0.99
1985	21.1	0.81
1990	23.6	0.98
1995	21.2	0.82
2000	23.6	0.98
2005	23.3	0.99
2010	23.0	0.99

Valoración

La emisión de gases por el uso de combustibles en equipo y maquinaria empleada en los procesos de explotación y de beneficio, así como la emisión de partículas de plomo o azufre, alteran la composición atmosférica local y regional, provocando que la atmósfera se vuelva más seca y caliente (Minería y cambio climático, 2010). Para el caso estudio, se consideró un registro de 47 años en la estación más cercana a la mina. Como conclusión, se aprecia que no hay un impacto significativo, obteniendo una calidad mínima de 0.81 para 1985 y de 0.82 para el año de 1995, con respecto a los demás años de evaluación se mantiene con una calidad de 0.99 y 0.98. En virtud de lo anterior se considera que hay ausencia de impacto en el factor régimen térmico. Esta evaluación de la calidad se refiere al área de explotación, la cual no presenta gran emisión de gases por parte de otras industrias o por el urbanismo en la zona, que alteren o aumenten la emisión de gases.

Ficha Técnica 6. 6

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	A.	Medio físico	Unidades de importancia
Componente	A.3.	Clima	453.96
Factor	A.3.2.	Precipitación	28.37
			9.46

En el análisis se consideró la precipitación media en el ámbito de referencia. Para el año cero se consideró una precipitación de 149.0 mm, esto es debido a que en 1958 apenas empezó a funcionar la estación climatológica de Peña Colorada. El promedio de la precipitación media en los años registrados fue de 122.9 mm.

Cuadro A.3.2. 2 Precipitaciones medias de la estación climatológicas de la estación Peña Colorada

Año	Precipitación media						
1958	149.0	1971	134.8	1984	159.0	1997	102.5
1959	149.5	1972	137.0	1985	86.4	1998	140.4
1960	151.6	1973	141.2	1986	58.3	1999	147.7
1961	141.6	1974	155.2	1987	101.8	2000	88.9
1962	137.0	1975	228.9	1988	144.6	2001	103.2
1963	154.7	1976	208.9	1989	117.4	2002	105.3
1964	112.6	1977	114.1	1990	97.7	2003	112.3
1965	114.3	1978	128.5	1991	77.1	2005	69.8
1966	129.9	1979	102.1	1992	142.8	2006	93.1
1967	145.2	1980	71.1	1993	73.5	2007	115.4
1968	132.7	1981	164.2	1994	84.8	2009	107.1
1969	125.7	1982	75.1	1995	122.2	2010	141.0
1970	124.1	1983	130.5	1996	118.0	PROM	122.9

Función de Transformación

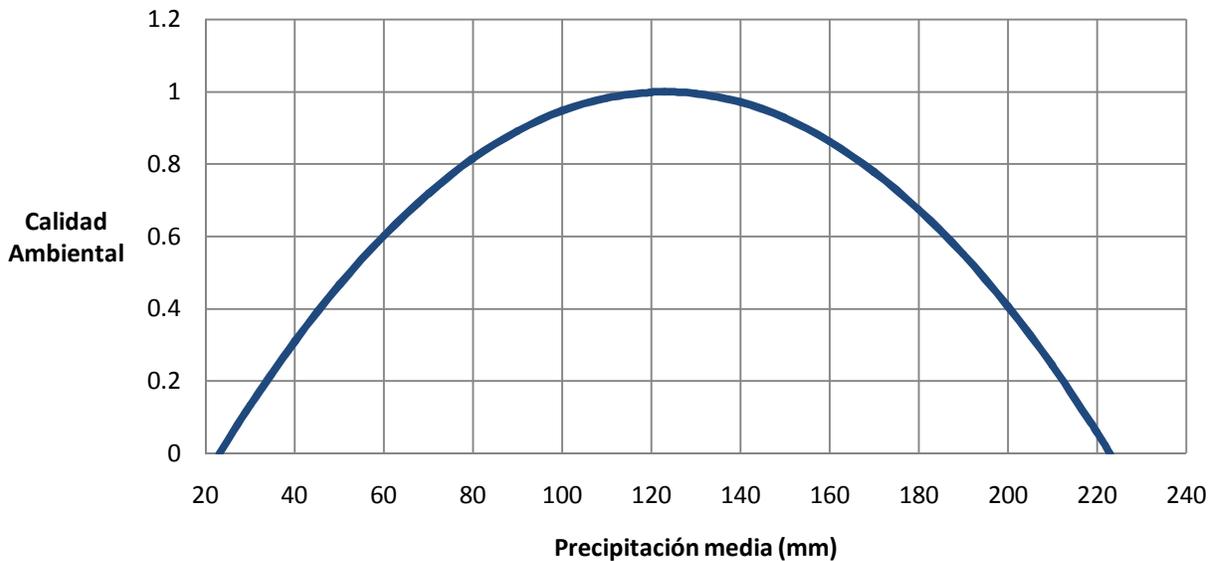


Figura A.3.2. 1 Función de transformación del factor ambiental precipitación

Cuadro A.3.2. 3 Valoración ambiental

AÑO	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	CALIDAD AMBIENTAL
1956	149.07	0.93
1971	134.80	0.99
1985	86.40	0.87
1990	97.70	0.94
1995	122.2	1.00
2000	88.90	0.88
2005	69.80	0.69
2010	141.0	0.97

Valoración

Se observaron situaciones extremas de 100 mm. Se puede apreciar un mejoramiento en la calidad ambiental pero como en el caso del factor temperatura, no hay evidencia de que la actividad minera haya provocado la alteración de la precipitación en la zona considerándose como ausencia de impacto. Dependiendo del tipo de proceso de beneficio y del tipo de mineral que se extrae en la mina, la emisión de gases a través de los años tiende a generar cambios en el clima. Para la condición del caso estudio, no presenta alteración o impacto al ambiente por las concentraciones de las emisiones en el área de explotación y en el proceso de beneficio de extracción del hierro.

Ficha Técnica 6. 7

EVALUACIÓN AMBIENTAL

		Unidades de importancia
Categoría	B. Medio biológico	322.66
Componente	B.1. Flora	241.99
Factor	B.1.1. Vegetación natural terrestre	134.44

La operación minera ha generado una disminución de la producción primaria en el área de estudio. El área más afectada es el Cerro de los Juanes donde se ha venido realizando el desmonte y despalme para la explotación del mineral y colocación de terreros, como se vio en el Capítulo 5. La vegetación en la zona de estudio de bosque, y en las partes bajas predominan los arbustos y matorrales.

La superficie total en el ámbito de referencia es de 38.19 km² y mediante el análisis de imágenes satelitales se determinó el área correspondiente a la vegetación original para cada uno de los años de estudio. Para la función de transformación se consideró el porcentaje de superficie afectada en el área de proyecto, el Cuadro B.1.1.1 muestra el grado de alteración o de remoción

Cuadro B.1.1. 1 Superficie vegetal removida o afectada en la zona de estudio

Año	Área con vegetación natural (km ²)	Área con vegetación afectada (km ²)
1956	36.93	1.26
1971	36.93	1.26
1985	34.55	3.64
1990	33.80	4.40
1995	32.32	5.87
2000	31.39	6.80
2005	31.02	7.17
2010	30.96	7.24

Función de Transformación

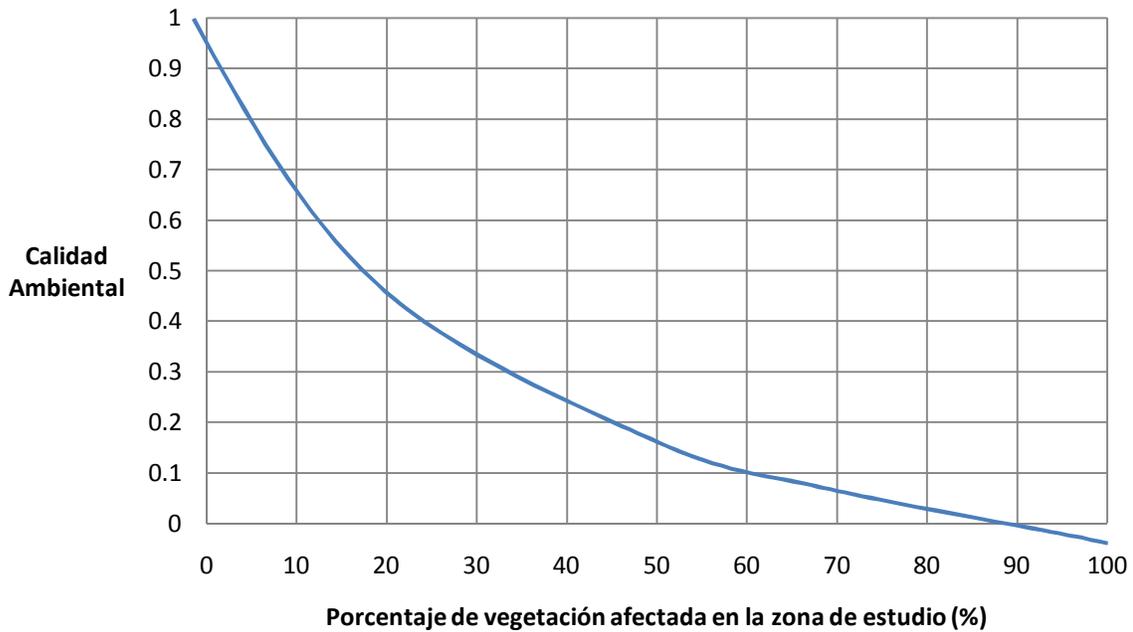


Figura B.1.1. 1 Función de transformación del factor ambiental vegetación natural terrestre

Cuadro B.1.1. 2 Valoración ambiental

AÑO	PORCENTAJE DE ÁREA AFECTADA	CALIDAD AMBIENTAL
1956	3.31	0.93
1971	3.31	0.93
1985	9.54	0.72
1990	11.51	0.67
1995	15.38	0.56
2000	17.81	0.53
2005	18.78	0.51
2010	18.95	0.51

Valoración

En los años de 1956 y 1971 se estima una calidad ambiental de 0.93 por la presencia de áreas de parcelas y caminos, que en total son 3.31 km² aproximadamente al sur de la zona de estudio. Durante los siguientes años se refleja un cambio significativo en la calidad ambiental de manera decreciente por la disminución de la vegetación natural hasta un valor de 0.53 para el año 2000. Para los años 2005 y 2010 mantiene una calidad de 0.51. La variación de este descenso en los años del 2005 al 2010 ha disminuyó por la reforestación que se lleva a cabo en los terreros, así como por la creación de viveros con especies endémicas del lugar por parte de la empresa. Sin embargo, el impacto se considera de una magnitud crítica ya que produce una pérdida permanente de la calidad y es necesario aplicar medidas protectoras por los siguientes años que seguirá la mina en explotación.

Ficha Técnica 6. 8

EVALUACIÓN AMBIENTAL

		Unidades de importancia
Categoría	B. Medio biológico	322.66
Componente	B.1. Flora	241.99
Factor	B.1.2. Especies en peligro de extinción	107.66

La variabilidad de organismos vivos en los ecosistemas terrestres, marinos, acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, sin embargo estos pueden ser afectados por la actividad humana. Las especies consideradas en riesgo se clasifican en cuatro categorías con base en la NOM-059-SEMARNAT-2001:

- **Probablemente extinta en el medio silvestre (E):** Es la especie nativa cuyos ejemplares en vida libre dentro del territorio han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio.
- **En peligro de extinción (P):** La especie en cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- **Amenazadas (A):** Son las especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
- **Sujetas a protección especial (Pr):** Son las especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar la recuperación y/o conservación de las poblaciones de especies asociadas.

La flora en el área de estudio se considera de gran valor de no uso ya que las personas no utilizan este bien pero se considera un valor de existencia y legado por la gran variedad de especies de flora y fauna que habitan en la región. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y a la búsqueda de información en el área de la zona, la integración del listado de las especies que se consideran en riesgo son las siguientes:

Cuadro B.1.2. 2 Resumen de listado de especies en riesgo más importantes en la zona de estudio

CATEGORÍA	NOMBRE CIENTÍFICO		
Especies Protegidas (Pr)	Ferocactus Reppenhagenii	Populus Guzmanantlensis	Sloanea Terniflora
Amenazadas (A)	Astronium Graveolens	Chamaedorea Pochutlensis	Erythrina
	Sideroxylon Capiiri	Tabebuia Chrysantha	Zamia Loddigesii
	Epidendrum Parkinsoniaum	Brassavola Cucullata	Zea Diploperennis
Peligro de extinción (P)	Dalbergia Congestiflora	Platymiscium Lasiocarpum	

Índice

$$I = \left(1 - \frac{\text{Núm. de especies protegidas en la zona de estudio}}{\text{Núm. de especies protegidas en condiciones naturales}} \right) \times 100$$

Para el número de especies protegidas en condiciones naturales, se consideraron varios estudios de sitios cercanos al área (tesis, manifestaciones de impactos ambientales de flora y fauna) y la reserva de la Sierra de Manantlán, esta reserva tiene alrededor de 102 especies protegidas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Función de Transformación

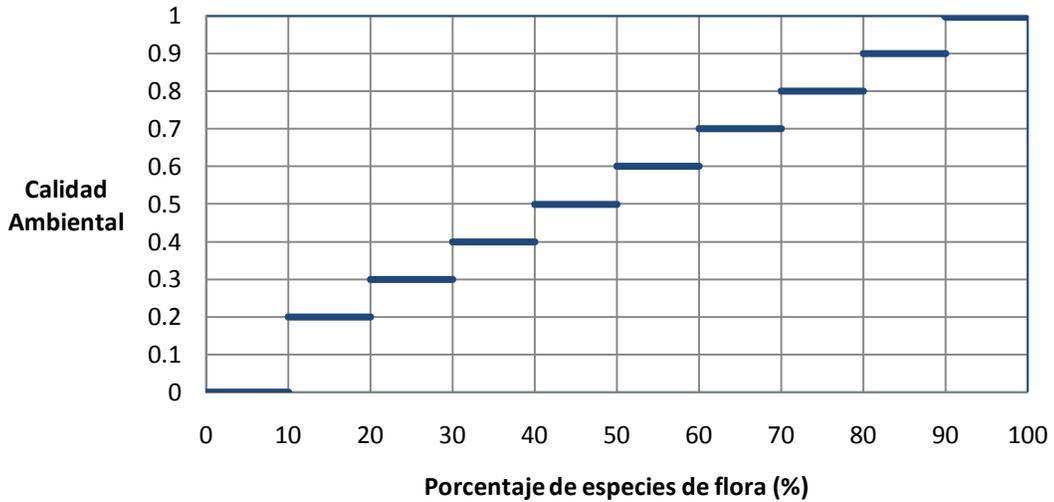


Figura B.1.2. 1 Función de transformación del factor ambiental especies en peligro de extinción

Cuadro B.1.2. 3 Valoración Ambiental

AÑO	ÍNDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956-1971	100	1.0
1985-2010	86.27	0.9

Valoración

De los registros disponibles como resultado de 54 años de estudio en la zona, la calidad ambiental ha disminuido en un 10% en el factor de especies vegetales protegidas por lo que se trata de un impacto adverso, directo, permanente, localizado e irreversible, pero recuperable de acuerdo a las medidas de mitigación propuestas. En virtud de lo anterior se estima que el impacto es de magnitud severa; sin embargo, esta calidad indica que tanto las especies protegidas y no protegidas son afectadas en las principales fases de construcción y operación. La calidad ambiental puede aumentar de acuerdo a los planes de rescate y de reforestación que actualmente se llevan a cabo para consolidarse como un impacto positivo o de mejoría en la fase de cierre.

Ficha Técnica 6. 9

EVALUACIÓN AMBIENTAL

			Unidades de importancia
Categoría	B.	Medio biológico	322.66
Componente	B.2.	Fauna	80.66
Factor	B.2.1.	Especies en peligro de extinción	80.66

Al igual que el factor de *Especies en peligro de extinción* del componente Flora, se hará una relación entre la riqueza de la fauna en condiciones naturales para las especies incluidas en alguna categoría de protección. Se consideraron trabajos relacionados con la fauna en la zona de estudio, manifestaciones de impacto ambiental y también la Sierra de Manantlán, para determinar el número de especies protegidas en condiciones naturales por ser una reserva ecológica cercana al área de estudio. Manantlán cuenta con aproximadamente 125 especies que están en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cuadro B.2.2. 1 Resumen del listado de especies en riesgo más importantes en la zona de estudio

CATEGORÍA	NOMBRE CIENTÍFICO			
Especies Protegidas (Pr)	Anolis Nebolusus	Ardera Herodias	Aspidocelis Lineatisimus	Buteo Jamaicensis
	Buteogallus Anthracinus	Chondrohierax Uncinatus	Crotalus Basuliscus	Cynanthus Latirostris
	Cyrtonyx Montesumae	Dactylortyx Thoracicus	Dipsas Gaigae	Hypsiglena Torquata
	Icterus Pustulatus	Iguana Iguana	Leptotila Verreauxi	Lithobates Pustulosa
	Pachyramphus Mayor	Patagioenas Fasciata	Rana Forreri	Sceloporus Grammicus
	Thachybaptus Dominicum	Vermivora Crissalis	Vireo Gilvus	Vireo Nelson
Amenazadas (A)	Accipiter Striatus	Amazona Finschi	Boa Constrictor	Coa Constrictor
	Ctenosaura Pectinata	Dendroica Coronata	Glaucidium Gnoma	Heloderma Horridum
	Lampropeltis Triangulum	Nasua Narica	Oporornis Tolmiei	Picoides Stricklandi
	Strix Occidentalis			
Peligro de extinción (P)	Accipiter Cooperii	Accipiter Striatus	Amazona Oratrix	Aratinga Canicularis
	Aspidocelis Communis	Campephilus Guatemalensis	Falco Peregrinus	Felis Concolor
	Forpus Cyanopygius	Leopardus Wiedii	Lynx Rufus	Megasorex Gigas
	Meleagris Gallopavo	Panthera Onza		

Índice

$$I = \left(1 - \frac{\text{Núm. de especies protegidas en la zona de estudio}}{\text{Núm. de especies protegidas en condiciones naturales}} \right) \times 100$$

Función de Transformación

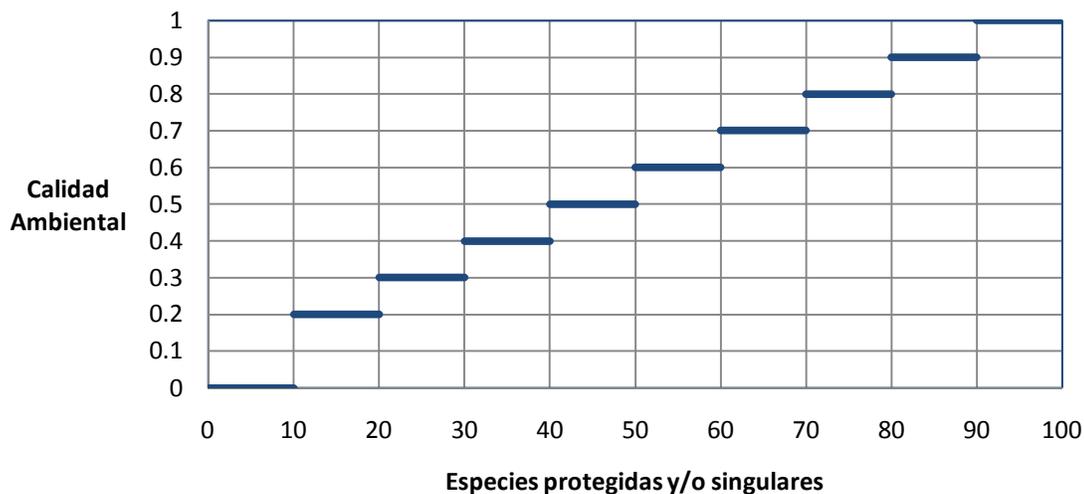


Figura B.2.2. 1 Función de transformación del factor ambiental especies en peligro de extinción

AÑO	ÍNDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956-1971	100	1
1985-2010	59.20	0.6

Valoración

La disminución de la calidad ambiental durante el periodo de 1956 a 2010 fue de 40 por ciento, lo cual indica que la diversidad de las especies es afectada en la zona de estudio. Este impacto se estima adverso, indirecto, permanente pero reversible y recuperable definiendo al impacto de magnitud moderada; esto es debido a las medidas de mitigación realizadas por parte de la empresa tal como el rescate y protección de especies (ya sea que estén o no consideradas en la norma) en el área de explotación, otro aspecto importante es la adaptación que presentan las especies de la zona a las actividades realizadas en la zona de estudio.

Ficha Técnica 6. 10

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia	223.38
Componente	C.1.	Población		62.83
Factor	C.1.1.	Distribución y densidad de habitantes		18.85

Al iniciarse la actividad minera en la zona de estudio generó un aumento de la densidad de población en el municipio de Minatitlán, como consecuencia de la creación, por parte de la empresa, del pueblo Benito Juárez de Peña Colorada para establecer a los trabajadores de la mina. Con el paso del tiempo se han generado nuevas localidades (Cuadros C.1.1.1 y C.1.1.2) que desarrollan otras actividades aparte de la minería.

Cuadro C.1.1. 2 Áreas de población y número de habitantes en las localidades en la zona de estudio (Parte 1)

AÑO	BENITO JUÁREZ DE PEÑA COLORADA		EL PLATANAR		LAS GUASIMAS		RANCHO ESCONDIDO	
	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)
1956	0	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	1583	19.80	65	0	117	0	0	0
1990	1389	22.05	67	0	105	0	0	0
1995	1219	22.50	69	0	94	0	0	0
2000	1092	26.64	126	0	93	0	1	0
2005	989	31.08	130	0.46	46	0	9	0.01
2010	918	30.91	164	0.48	41	0.64	5	0.01

Cuadro C.1.1. 3 Áreas de población y número de habitantes en las localidades de la zona de estudio (Parte 2)

AÑO	LA COCONAL		EL DIVISADERO DOS		POTRERILLOS	
	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)
1956	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	0	0
1985	47	0	0	0	0	0
1990	55	0	0	0	0	0
1995	65	0	0	0	0	0
2000	76	0	0	0	4	0
2005	81	0.258	0	0.017	4	0
2010	87	0.322	2	0.038	6	0.57

Función de Transformación

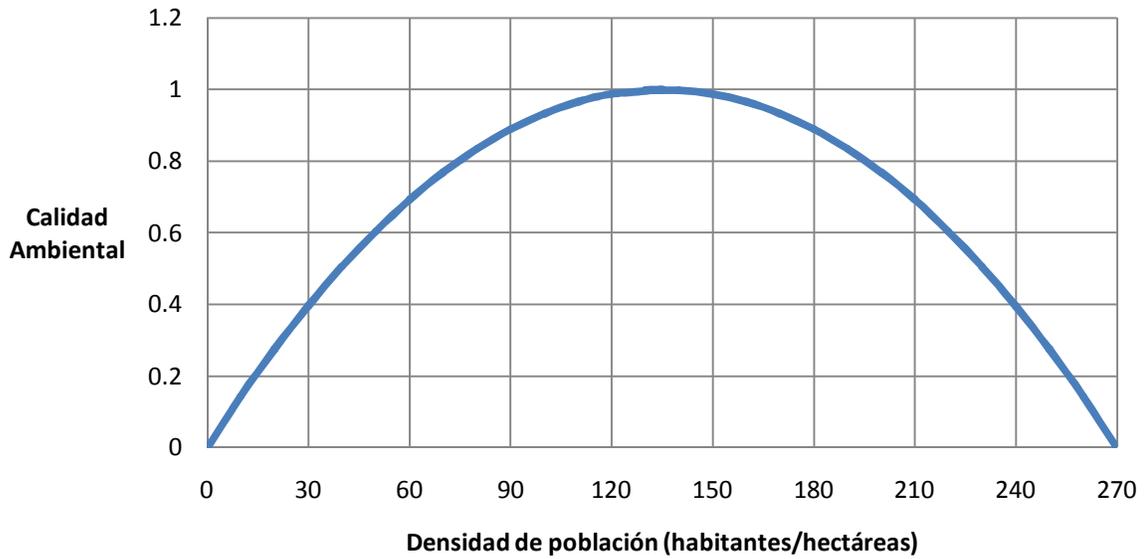


Figura C.1.1. 5 Función de transformación del factor ambiental distribución y densidad de habitantes

Cuadro C.1.1. 4 Valoración Ambiental

AÑO	HABITANTES	SUPERFICIE (hectáreas)	DENSIDAD (habitante/hectárea)	CALIDAD AMBIENTAL
1956	0	0	0	1
1971	0	0	0	1
1985	1812	19.80	91.52	0.90
1990	1616	22.05	73.29	0.79
1995	1447	22.50	64.31	0.73
2000	1392	26.64	52.25	0.62
2005	1259	31.83	39.55	0.50
2010	1223	32.99	37.07	0.47

Valoración

La calidad ambiental en 1956 fue de 1 porque no había localidades en la zona de estudio. Posteriormente, en 1971 empezaba el proyecto de explotación y la cabecera de Minatitlán, por su cercanía a la zona de proyecto, alojó a los trabajadores en la etapa de construcción, por esta razón, se considera la calidad óptima al no haber residentes o habitantes en la zona de estudio, aunque hubo un crecimiento demográfico para el pueblo de Minatitlán. En 1985 se considera ya la población de tres localidades, siendo Benito Juárez de Peña Colorada la localidad con mayor número de habitantes y así hasta el 2010, donde se aprecia un descenso en la calidad del factor ambiental debido al área urbana y distribución de los habitantes. Este impacto se caracteriza por ser adverso, directo, permanente, extensivo e irreversible. Se estima que magnitud es moderada.

Ficha Técnica 6. 11

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia	223.38
Componente	C.1.	Población		62.83
Factor	C.1.2.	Distribución del tipo de uso de suelo		35.60

Es la suma ponderada de las superficies de cada tipo de uso de suelo expresada en porcentaje de la superficie total. Para el área de estudio se considera un área de 38.19 km².

Índice

$$I = \frac{S. Natural \times (1) + S. Forestal \times (0.8) + S. Agrícola \times (0.6) + S. Residencial \times (0.4) + S. Comercial \times (0.2)}{Superficie\ total} \times 100$$

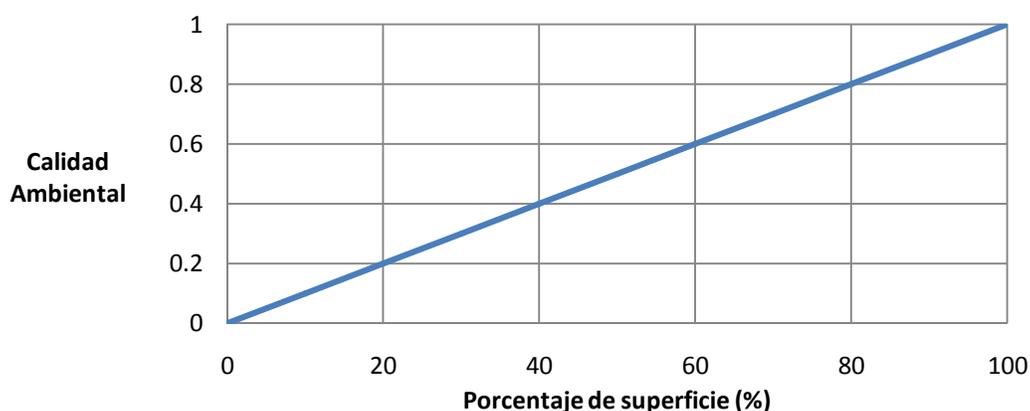


Figura C.1.2. 2 Función de transformación del factor ambiental uso de suelo

Cuadro C.1.2. 3 Valoración Ambiental

AÑOS	NATURAL (km ²)	RESIDENCIAL (km ²)	INDUSTRIAL (km ²)	INDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956	36.94	0.00	0.00	97.69	0.97
1971	36.94	0.00	0.00	97.69	0.97
1985	34.55	0.22	3.42	90.69	0.91
1990	33.80	0.31	4.09	88.82	0.89
1995	32.32	0.31	5.56	84.95	0.85
2000	31.39	0.31	6.49	82.52	0.83
2005	30.58	0.31	6.86	80.62	0.81
2010	30.50	0.33	6.93	80.43	0.80

Valoración

En 1956 la zona de estudio presentaba indicios de área forestal y agrícola pero al determinar las áreas, estas fueron menores a 1.3 km² iniciando con una calidad de 0.97. Para los años comprendidos entre 1985 y 2000, se tomaron como referencia las superficies residenciales e industriales, esto fue necesario porque la calidad de las imágenes satelitales no permitía distinguir áreas de tipo forestal o agrícola. Para los años de 2005 al 2010 la zona presenta pequeñas áreas agrícolas, menores a 0.4 km². Como conclusión, la calidad ambiental del factor uso de suelo ha disminuido 20% entre 1956 y 2010. Considerándose como un impacto adverso, directo, localizado, extensivo con una magnitud severa ocasionada por la actividad industrial en el cambio de la cobertura natural y residencial principalmente.

Ficha Técnica 6. 12

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia	223.38
Componente	C.1.	Población		62.83
Factor	C.1.3.	Migración		8.38

La migración es un factor importante en los proyectos de minería, principalmente por la generación de empleo lejos de los centros de población y el surgimiento de nuevos asentamientos para residencia de los trabajadores por parte de la empresa con el fin de reducir los tiempos de traslado a la zona del proyecto minero. Para este caso estudio se consideró a la población nacida correspondiente a la zona de estudio y de la cabecera de Minatitlán por ser la más cercana al proyecto y donde comenzó a residir parte de la población activa de la empresa minera.

Índice

$$I = \left(\frac{\text{Población migrante interior}}{\text{Población total}} \right) \times 100$$

Función de Transformación

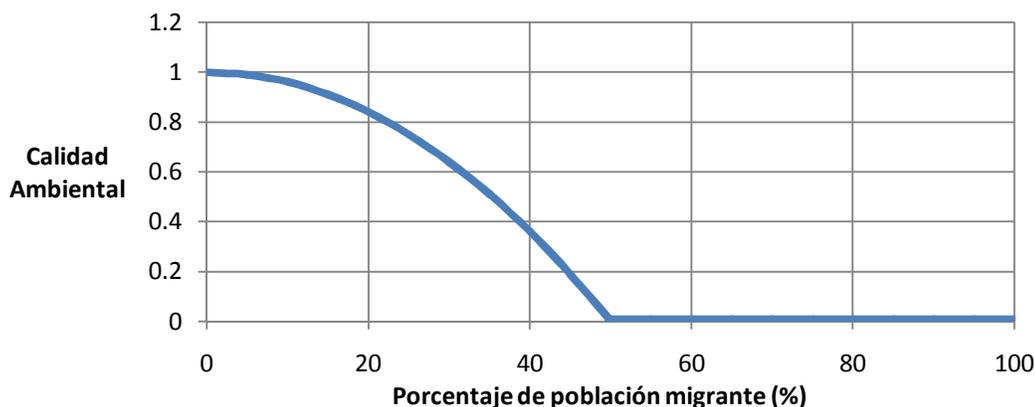


Figura C.1.3. 1 Función de transformación del factor ambiental migración

Cuadro C.1.3. 2 Valoración Ambiental

AÑO	POBLACIÓN TOTAL	POBLACION MIGRANTE	INDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956	1735	0	100	1
1971	1994	0	100	1
1985	5496	1791	32.59	0.58
1990	5459	1756	32.17	0.59
1995	5456	1741	31.91	0.59
2000	5649	1906	33.74	0.54
2005	5220	1296	24.84	0.75
2010	5811	1679	28.89	0.67

Valoración

La calidad ambiental para los años de 1956 y 1971 se considera de 1 por que no había actividad minera y por lo tanto movimiento migratorios, sin embargo, para los siguientes años se muestra un descenso de la calidad por el establecimientos de nuevos asentamientos humanos; esto se refleja en los años de 1985 a 1995 con una calidad de 0.58 – 0.59; para el 2005 hay un mejora de la calidad debido al desplazamiento de la población hacia otros municipios del estado como Manzanillo o Colima en busca de oportunidades de trabajo o educación principalmente para las generaciones más jóvenes. El impacto se considera benéfico por la generación de empleos, directo, permanente e irreversible. Se estima que la magnitud del impacto es moderada.

Ficha Técnica 6. 13

EVALUACIÓN AMBIENTAL			
Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia 223.38
Componente	C.2.	Infraestructura	55.84
Factor	C.2.1.	Vivienda	4.53

Para este factor ambiental no se obtuvieron datos acerca de los servicios y equipamiento de vivienda para los años de 1956, 1971 y 1985 además de la falta de datos de otras localidades con población menor a 10 habitantes como Potrerillos, Rancho Escondido y Divisadero Dos. Es necesario comentar que en el área de estudio las localidades principales como Benito Juárez de Peña Colorada cuenta con todos los servicios de vivienda ofrecidos a las familias de los trabajadores por parte de la misma empresa, sin embargo, la población ha disminuido principalmente por la migración hacia la cabecera municipal Minatitlán que también cuenta con todos los servicios o también a otros municipios del Estado de Colima. El resto de las localidades (Guásimas, Coconal, Platanar) presentan un cobertura de 76% de viviendas que tienen luz eléctrica, 73% de viviendas que disponen de agua entubada y por ultimo 58% de viviendas que cuentan con drenaje. Por lo tanto se le asigna un valor de 0.7 para los años correspondientes a 1956 a 1971 y un valor de 0.9 de calidad ambiental para los años comprendidos de 1985 al 2010, por lo tanto el impacto del proyecto en el factor vivienda se considera como benéfico, indirecto, permanente, localizado e irreversible, se estima que su magnitud es moderada.

Ficha Técnica 6. 14

EVALUACIÓN AMBIENTAL			
Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia 223.38
Componente	C.2.	Infraestructura	55.84
Factor	C.2.2.	Salud	9.06

Con el crecimiento y la generación de nuevas localidades en el Municipio es necesario considerar las construcciones y establecimientos destinados para el sector salud para que cubran las necesidades básicas de atención a los habitantes de la zona. El sector Salud se puede clasificar en centros de salud urbanos, centros de salud rural y hospitales.

Dicho de otra manera, el número de unidades para el sector salud está en función del crecimiento de la población de acuerdo con las Normas Técnicas de Sistema Normativo de Equipamiento Urbano 1999, Salud y Asistencia Social expedida por la Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL). Para el factor salud se consideran las tres categorías del Sector Salud (urbano, rural y hospital) que da servicios a la población.

Cuadro C.2.2. 1 Población considerada para los periodos de análisis de acuerdo al crecimiento demográfico por la actividad minera

AÑO	1956	1970	1985	1990	1995	2000	2005	2010
ZONA DE ESTUDIO	0	0	1812	1616	1447	1392	1259	1223

A) Centro de Salud Urbano

Inmueble en el que proporciona a la población abierta los servicios médicos, de consulta externa, medicina preventiva y curativa, medicina general, control pre y pos natal, primeros auxilios, urgencias, vigilancia y notificación de casos epidemiológicos, educación para la salud, organización de la comunidad, detección de enfermedades, problemas ambientales y sanitarios, además cuenta con laboratorio y rayos x.

Índice

Se considera una población menor de 15 000 habitantes para la construcción de un centro de salud urbano. En el Municipio se cuenta con un centro de salud urbano por lo que el índice de calidad se define por la expresión:

$$CA = 1 - \frac{Población}{15,000}$$

Función de Transformación

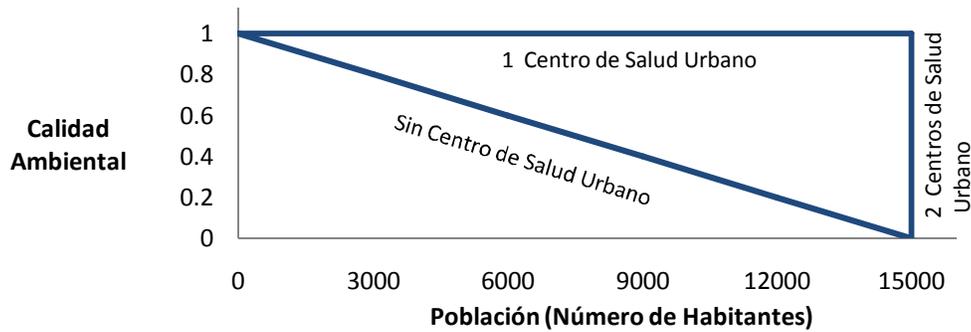


Figura C.2.2. 1 Función de transformación del factor ambiental salud (Centro Urbano)

Si hay un Centro de Salud Urbano y la población es menor de 15 000 habitantes la Calidad Ambiental será igual uno (CA=1) y si el tamaño de la población es mayor a 15 000 habitantes se debe crear otro centro de Salud Urbano.

B) Centro de Salud Rural

Es la unidad médica en la que se otorgan los servicios de consulta externa general, atención a pacientes en observaciones, urgencias, pacientes referidos, vigilancia y notificación de casos epidemiológicos, educación para la salud, saneamiento ambiental, fomento sanitario, organización de la comunidad, primeros auxilios, referencia de pacientes, detección de enfermedades, así como problemas ambientales y sanitarios, además cuenta con apoyo de rayos x.

Índice

Para la construcción de un Centro de Salud Rural se considera una población mayor a 2 500 habitantes pero menor a 15 000.

$$CA = 1 - \frac{Población}{15,000}$$

Función de Transformación

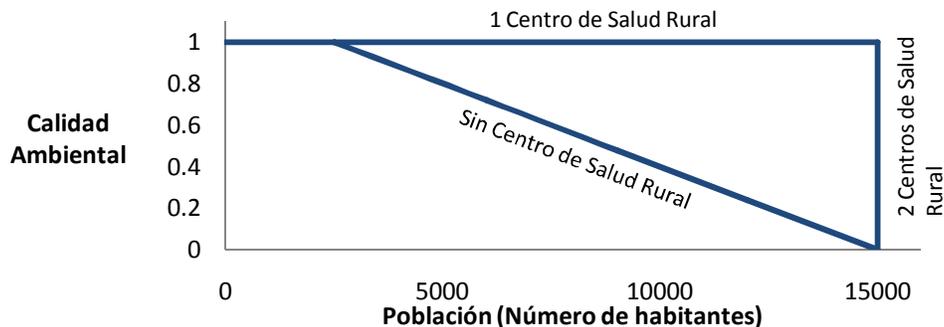


Figura C.2.2. 2 Función de transformación del factor ambiental salud (Centro Rural)

Si la población es menor a 2 500 y no existe un Centro de Salud Rural, la Calidad Ambiental es igual a uno (CA=1), si hay un Centro de Salud Rural con una población entre 2 500 a 15 000 la Calidad Ambiental es también de uno.

C) Hospital

Es el inmueble en el que se le proporcionan a la población abierta los servicios de atención ambulatoria y hospitalización en las cuatro ramas básicas (gineco-obstetricia, pediatría, cirugía y medicina interna) así como las correspondientes a otras subespecialidades que integran cada área, de acuerdo a su demanda. En muchos casos funciona complementariamente como centro de investigación y docencia.

Índice

Para la construcción de un Hospital debe haber un rango de población entre 10 000 a 100 000 habitantes; si la población es mayor a 100 000 debe considerar la construcción de otro hospital.

$$CA = 1 - \frac{Población}{10,000}$$

Función de Transformación

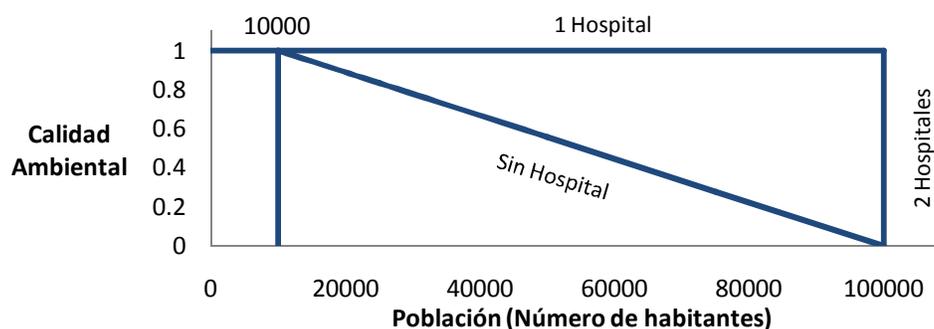


Figura C.2.2. 3 Función de transformación del factor ambiental salud (Hospitales)

Si la población es menor a 10 000 y no hay un hospital, la Calidad Ambiental será de uno (CA=1) ya que aún cuando existen un grupo reducido de personas, estos pueden ir a otro hospital. Por el contrario si la población se encuentra entre 10 000 a 100 000 habitantes y cuenta con un hospital la Calidad Ambiental es igual a uno (CA=1).

Valoración

Para la zona de estudio se cuenta con un Centro de Salud en la cabecera del Municipio y Unidad de Medicina Familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social en Benito Juárez de Peña Colorada, que se tomarán en cuenta para la determinación de la Calidad Ambiental.

Cuadro C.2.2. 2 Valoración Ambiental

INSTITUCIÓN \ AÑO	1956	1970	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Hospitales	1	1	1	1	1	1	1	1
Centro de Salud Rural	1	1	1	1	1	1	1	1
Centro de Salud Urbano	1	1	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92
CALIDAD AMBIENTAL	1	1	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97

El fenómeno migratorio y el desarrollo de nuevas localidades en la zona de estudio, implica también el desarrollo de nueva infraestructura para el sector salud, con el fin de cumplir con la demanda y brindar la atención adecuada, oportuna y a tiempo a los derechohabientes de la zona. Con base en el crecimiento demográfico para los años de 1956 y 1971 la calidad ambiental fue de 1 porque lo pocos habitantes tenían que acudir a centros fuera de la zona de estudio. Con el paso del tiempo y la creación del centro de salud y la unidad médica familiar por parte del gobierno y por parte de la empresa, la calidad ambiental es alta, esto se debe principalmente a que la población no rebasó la capacidad disponible. El impacto se considera benéfico, indirecto, permanente, localizado, reversible y de magnitud compatible.

Ficha Técnica 6. 15

EVALUACIÓN AMBIENTAL			
Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia 223.38
Componente	C.2.	Infraestructura	55.84
Factor	C.2.3.	Seguridad	7.55

La seguridad social es el conjunto de medidas que la sociedad proporciona a sus integrantes con la finalidad de evitar desequilibrios económicos y sociales. Los índices delictivos van de la mano con el crecimiento y la diversidad de la población junto con los problemas económicos y sociales. Para este factor se observa que el porcentaje de delincuentes registrados en todo el Municipio de Minatitlán es menor de 0.4% con respecto a la población total y a comparación de otros municipios como Colima y Manzanillo, por lo tanto se le asignará una calidad ambiental de 1 ya que la zona de estudio cuenta con bajos índices de delincuencia y cuenta con inmuebles de Seguridad Pública en Minatitlán y el Poblado de Benito Juárez de Peña Colorada considerándose como un impacto compatible, benéfico, indirecto, permanente, localizado y reversible, esto es porque el control de registro a delincuentes es muy bajo en comparación con otros estados del país.

Ficha Técnica 6. 16

EVALUACIÓN AMBIENTAL			
Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia 223.38
Componente	C.2.	Infraestructura	55.84
Factor	C.2.4.	Vialidades	10.57

Los caminos han tenido un incremento debido principalmente al aumento de los trabajos del área. Para el inicio de labores de la mina Peña Colorada, se construyó una carretera angosta pavimentada desde el puerto de Manzanillo a Minatitlán, y Cerro de los Juanes, así como caminos vecinales. Actualmente hay una carretera pavimentada desde Minatitlán a la Ciudad de Colima, y la que existía en Manzanillo, por otra parte hay mayor cantidad de caminos de terracería, sobre todo en la zona de la presa de Jales y los alrededores de la mina.

Índice

$$I = \frac{\sum(\text{Longitud de vía} \times \text{Coeficiente de importancia})}{\sum \text{Longitud Total}} \times 100$$

Donde los coeficientes de importancia se determinan mediante el tipo de vía que hay en la zona de estudio, Cuadro C.2.4.1.

Cuadro C.2.4. 1 Coeficientes de importancia

Vías	Coeficiente
Caminos de terracería	0.4
Calles	0.6
Avenidas principales	0.8
Carretera federal	1

Función de Transformación

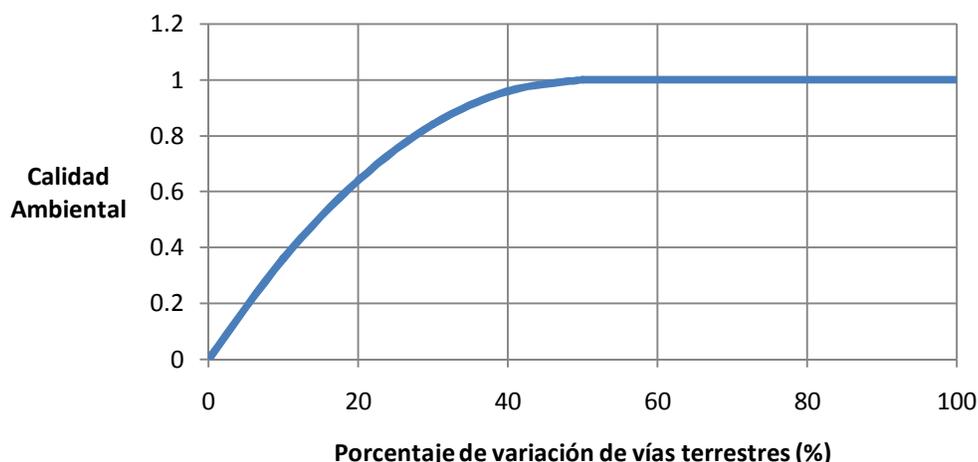


Figura C.2.4. 2 Función de transformación del factor ambiental Vialidades

Cuadro C.2.4. 2 Valoración Ambiental

AÑO	TERRACERIA [m]	CARRETERA FEDERAL [m]	AVENIDAS PRINCIPALES [m]	TOTAL [m]	ÍNDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1960	15368	0	0	15368	40.00	0.96
1970	23822	0	0	23822	40.00	0.96
1985	19693	8454	2841	30988	60.04	1.00
1990	27147	8454	2841	38442	56.15	1.00
1995	28997	8454	2841	40292	55.41	1.00
2000	38261	8454	2841	49556	52.53	1.00
2005	47462	8454	2841	58757	50.57	1.00
2010	47462	8454	2841	58757	50.57	1.00

Valoración

La Calidad Ambiental de las vialidades en la zona de estudio es de 0.96 a 1, esto se debe principalmente a la construcción de caminos la cual satisface las necesidades de comunicación a otros municipios como Manzanillo o Colima y poblaciones cercanas de la zona, además de que las principales vialidades seguirán en uso para transporte público y privado aún después de que termine la actividad minera. El impacto se considera de magnitud compatible, benéfico, directo, permanente, localizado e irreversible.

Ficha Técnica 6. 17

EVALUACIÓN AMBIENTAL

		Unidades de importancia
Categoría	C. Medio socioeconómico	223.38
Componente	C.2. Infraestructura	55.84
Factor	C.2.5. Generación de residuos	24.15

La generación de residuos en el proyecto minero es de consideración debido a los grandes volúmenes de jal por unidad de producción, además de residuos especiales y los residuos sólidos urbanos. Para el caso estudio se consideraron los residuos generados por la producción de hierro en los años correspondientes de 1985 al 2010 junto con los residuos sólidos urbanos generados en las poblaciones de la zona de estudio para determinar la calidad ambiental.

Cuadro C.2.5. 2 Estimación anual de generación de residuos en ton/día en la zona de estudio para los años de análisis

Tipo de Residuo	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Peligrosos	0.66	0.81	1.34	1.54	1.65	1.77
Especiales	2.10	2.59	4.24	4.89	5.25	5.61
Sólidos urbanos	1.77	1.58	1.42	1.36	1.23	1.20
Total	4.53	4.98	7.00	7.79	8.14	8.58

Función de Transformación

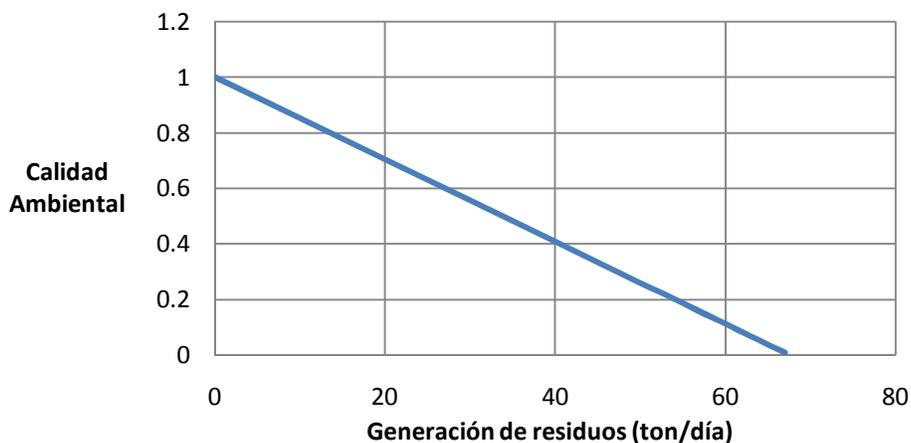


Figura C.2.5. 1 Función de transformación del factor ambiental Generación de residuos

Cuadro C.2.5. 3 Valoración Ambiental

AÑO	GENERACIÓN DE RESUDIOS (ton/día)	CALIDAD AMBIENTAL
1956	0	1
1971	0	1
1985	4.53	0.93
1990	4.98	0.93
1995	7.00	0.90
2000	7.79	0.88
2005	8.14	0.88
2010	8.58	0.87

Valoración

Para los años de 1956 y 1971 la calidad ambiental es igual a 1 ya que la generación de residuos en la zona de estudio era nula. Para el periodo de 1985 al 2010 la calidad descendió de 0.93 a 0.87. Este factor se considera de magnitud severa ya que los residuos generados por la mina son los que aportan mayor cantidad de residuos en la zona en comparación con los residuos sólidos urbanos, que son vertidos en el SDF localizado cerca de la cabecera municipal de Minatitlán. Este impacto se considera como adverso, indirecto, localizado e irreversible.

Ficha Técnica 6. 18

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia	223.38
Componente	C.3.	Economía		104.71
Factor	C.3.1.	Nivel de empleo		43.63

Índice

$$I = \left(\frac{\text{Empleo Neto Generado por el Proyecto}}{\text{Población ocupada en el ámbito de referencia}} \right) \times 100$$

Cuadro C.3.1. 3 Población total ocupada en la zona de estudio y población ocupada en el sector minero

POBLACIÓN	1956	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010
OCUPADA	472	519	1449	1436	1530	1635	1851	2080
SECTOR MINERO	0	15	869	834	847	862	962	1013

Función de Transformación

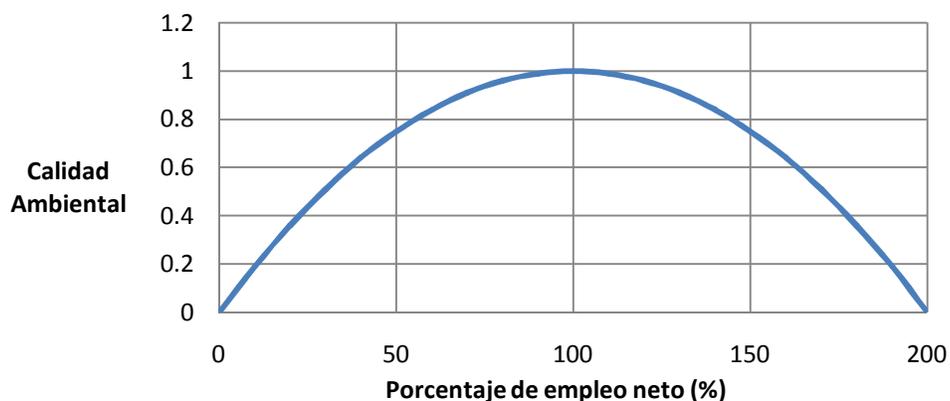


Figura C.3.1. 1 Función de transformación del factor ambiental Generación de empleo

Cuadro C.3.1. 4 Valoración Ambiental

AÑO	ÍNDICE	CALIDAD AMBIENTAL
1956	0	0
1971	2.89	0.16
1985	59.97	0.84
1990	58.08	0.82
1995	55.36	0.80
2000	52.72	0.78
2005	51.97	0.77
2010	48.70	0.74

Valoración

Hasta 1971, la calidad ambiental era de 0.16 y con el crecimiento de la población la calidad ha aumentando hasta un valor de 0.84 para 1985 donde casi el 60% de los habitantes trabajan en la Mina de Peña Colorada. Para los años comprendidos entre 1990 al 2010 se aprecia una disminución de casi un 10%, a pesar de este descenso la actividad minera corresponde al 48% de empleo generado en la zona de estudio, por lo tanto este impacto se considera como benéfico, directa, temporal, extensiva e irreversible.

Ficha Técnica 6. 19

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Categoría	C.	Medio socioeconómico	Unidades de importancia	223.38
Componente	C.3.	Economía		104.71
Factor	C.3.2.	Economía regional		61.08

A nivel estatal la actividad minera se ha desarrollado a gran escala siendo una aporte del 8.6% del PIB nacional, siendo el hierro el mineral de mayor productividad en el sector minero el cual da una aportación del 33% también a nivel nacional.

Cuadro C.3.2. 4 Producto Interno Bruto (PIB) nacional del Estado de Colima (millones de pesos)

AÑO	1970	1985	1990	1995	2001	2005	2010
TOTAL	1,915	254,414	2,085,861	6 420 097	7 936 874	8,702,706	12,504,744
AGROPECUARIO, SILVICULTURA Y PESCA	505	45,947	220,116	548 047	663 291	668,019	439,244
MINERÍA	18	16,856	213,513	335 266	315 217	442,428	1,079,586
INDUSTRIA MANUFACTURERA	181	15,592	145,342	308 909	377 437	452,226	2,244,097
CONSTRUCCIÓN	111	11,901	85,173	287 255	403 195	287,721	840,202
ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	9	23,906	300,906	987 647	1 137 848	1,117,810	156,217
COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES	516	66,603	547,554	1 013 532	1 239 988	1,454,231	2,333,354
TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	61	20,165	179,095	882 914	1 403 992	1,728,045	1,284,583
SERVICIOS FINANCIEROS, SEGUROS Y BIENES INMUEBLES	245	14,030	116,211	888 131	1 033 276	1,207,583	1,730,423
SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES Y PERSONALES	286	41,390	294,633	1 265 922	1 442 055	1,416,655	1,784,585

Valoración

Como en este factor no se cuenta con un índice o función de transformación adecuada a los criterios del proyecto, se considera una Calidad Ambiental igual a 1 para los años de 1956 porque la principal actividad cercana al área de estudio era la agricultura; para los de 1971 a 2010 se considera una Calidad Ambiental de 0.9 por ser la segunda productora nacional de hierro en pellets.

6.5.3. Valoración de impactos ambientales generados por la actividad minera en el caso estudio

La actividad minera causa impactos de diferente magnitud y que forman una cadena de eventos que modifican el estado original del ambiente y por consiguiente su calidad, sin embargo, aun sin llevarse a cabo la actividad minera en un sitio determinado, el medio estaría sujeto a cambios ocasionados por fenómenos físicos y/o biológicos, como pueden ser las variaciones del clima, ciclos ecológicos naturales o de sucesión, tendencias irreversibles naturales o inducidas por el hombre, como los asentamientos humanos y la agricultura. De acuerdo con el análisis realizado en el caso estudio, se determinaron los cambios ambientales causado por la actividad minera.

6.5.4. Valoración cuantitativa o cálculo de la magnitud

Como resultado del análisis y mediante el uso de funciones de transformación, se efectuó la valoración cuantitativa del impacto en cada factor ambiental (Cuadro 6.16). La columna 1 (Col. 1) corresponde a la calidad ambiental del año de 1956, que se considera como el año cero o sin acción. La columna 2 (Col. 2) muestra los resultados de la calidad ambiental que se obtuvieron previamente en la etapa de valoración para cada uno de los factores ambientales en unidades homogéneas para los años de 1971, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 donde se realiza ya la actividad minera. Posteriormente se calculó la diferencia de la magnitud neta final (Magnitud Acumulada), que considera la calidad ambiental del año de 1971 menos la calidad ambiental de cada uno de los años registrados ($Magnitud\ Acumulada = Calidad\ Ambiental_{1971} - Calidad\ Ambiental_{año\ registrado}$) para cada factor, los resultados se muestran en la columna 3 (Col. 3).

El Cuadro 6.17 es continuación del Cuadro 6.16, donde la Col. 4 muestra las Unidades de Importancia *UIP* determinadas anteriormente. La columna 5 (Col. 5) muestra el resultado de la valoración ambiental con ponderación obtenida de la multiplicación de las *UIP* por la magnitud neta de cada factor de la Col. 3 para cada año. El resto de las columnas correspondientes a los Cuadros 6.17 y 6.18 muestran la suma de las ponderaciones clasificadas en componentes (Col. 6), Categoría (Col. 7) así como la evaluación general de la variación del impacto generado en la zona de estudio de acuerdo a los 19 parámetros (Col. 8).

Para una mejor visualización de los resultados del análisis multitemporal, el Cuadro 6.19 y la Figura 6.9 muestran de manera desglosada el análisis de la evaluación de la calidad ambiental con ponderación para cada uno de los factores ambientales definiendo la calidad neta y el impacto ambiental para cada uno de los años seleccionados.

Cuadro 6. 17 Valoración cuantitativa del Impacto Ambiental para cada componente o categoría (parte 2)

		Valoración del impacto ambiental con ponderación																					
Categoría	Componentes	Factores	UIP	Col. 4							Col. 5							Col. 6					
				1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010						
Medio físico	Tierra - Suelo	Relieve y carácter topográfico	134.77	0	-1.35	-1.35	-2.70	-4.04	-5.39	-5.39	0	0	-26.24	-28.09	-34.97	-38.16	-40.43	-41.35					
			Erosión	92.21	0	-24.90	-26.74	-32.27	-34.12	-35.04	-35.96	0	0	-26.24	-28.09	-34.97	-38.16	-40.43	-41.35				
		Calidad del agua superficial	137.5	0	-56.38	-26.13	-56.38	-9.63	-34.38	-12.38	0	0	-63.10	-32.85	-63.10	-16.35	-41.10	-19.10					
	Agua	Recarga acuífero	61.11	0	-6.72	-6.72	-6.72	-6.72	-6.72	-6.72	0	0	-63.10	-32.85	-63.10	-16.35	-41.10	-19.10					
		Régimen térmico	18.91	0	-3.40	-0.19	-6.72	-0.19	-6.72	0.00	-6.72	0.00	-63.10	-32.85	-63.10	-16.35	-41.10	-19.10					
		Precipitación	9.46	0.56	-0.57	0.09	0.66	-0.47	-2.27	0.38	0.57	-3.97	-0.09	-2.55	-0.66	-2.27	0.38	0.38					
	Medio biológico	Flora	Vegetación natural terrestre	134.44	0	-28.23	-34.95	-49.74	-53.78	-56.46	-56.46	0	0	-38.99	-45.71	-60.50	-64.53	-67.22	-67.22				
			Especies en peligro de extinción	107.55	0	-10.76	-10.76	-10.76	-10.76	-10.76	-10.76	-10.76	0	0	-38.99	-45.71	-60.50	-64.53	-67.22				
		Fauna	Especies en peligro de extinción	80.66	0	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26	0	0	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26	-32.26				
	Medio socioeconómico	Población	Distribución y densidad de habitantes	18.85	0	-1.89	-3.96	-5.09	-7.16	-9.43	-9.99	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81				
Distribución del tipo de uso de suelo			35.6	0	-2.14	-2.85	-4.27	-4.98	-5.70	-6.05	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
Migración			8.38	0	-3.52	-3.44	-3.44	-3.85	-2.10	-2.77	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
Infraestructura		Vivienda	4.53	0	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
		Salud	9.06	0	-0.36	-0.36	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
		Seguridad	7.55	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
		Vialidades	10.57	0	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
Economía		Generación de residuos	24.15	0	-1.69	-1.69	-2.42	-2.90	-2.90	-3.14	0	0	-7.54	-10.24	-12.80	-16.00	-17.22	-18.81					
		Generación de empleo	43.63	6.98	36.65	35.78	34.90	34.03	33.60	32.29	0.87	30.54	29.67	28.80	27.92	27.49	26.18						
		Economía regional	61.08	-6.11	-6.11	-6.11	-6.11	-6.11	-6.11	-6.11	0.87	30.54	29.67	28.80	27.92	27.49	26.18						

Cuadro 6. 18 Valoración cuantitativa del Impacto Ambiental para cada componente o categoría (parte 3)

Valoración del impacto ambiental con ponderación														
Categoría	Col. 7							Col. 8						
	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Medio físico	0.57	-93.31	-61.03	-100.62	-55.17	-83.80	-60.07	1.44	-142.29	-120.30	-178.74	-141.88	-174.85	-154.27
Medio biológico	0.00	-71.25	-77.97	-92.76	-96.80	-99.48	-99.48							
Medio socioeconómico	0.87	22.28	18.70	14.46	10.08	8.43	5.29							

Cuadro 6. 19 Impacto general en unidades de impacto ambiental (UIA) para cada uno de los años seleccionados

CALIDAD AMBIENTAL \ AÑOS	1956	1971	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Relieve y carácter topográfico	134.77	134.77	133.42	133.42	132.07	130.73	129.38	129.38
Erosión	90.37	90.37	65.47	63.62	58.09	56.25	55.33	54.40
Calidad del agua superficial	123.75	123.75	67.38	97.63	67.38	114.13	89.38	111.38
Recarga acuífero	60.50	60.50	53.78	53.78	53.78	53.78	53.78	53.78
Régimen térmico	18.72	18.72	15.32	18.53	15.51	18.53	18.72	18.72
Precipitación	8.80	9.37	8.23	8.89	9.46	8.32	6.53	9.18
Vegetación natural terrestre	125.03	125.03	96.80	90.07	75.29	71.25	68.56	68.56
Especies en peligro de extinción	107.55	107.55	96.80	96.80	96.80	96.80	96.80	96.80
Especies en peligro de extinción	80.66	80.66	48.40	48.40	48.40	48.40	48.40	48.40
Distribución y densidad de habitantes	18.85	18.85	16.97	14.89	13.76	11.69	9.43	8.86
Distribución del tipo de uso de suelo	34.53	34.53	32.40	31.68	30.26	29.55	28.84	28.48
Migración	8.38	8.38	4.86	4.94	4.94	4.53	6.29	5.61
Vivienda	3.17	3.17	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08
Salud	9.06	9.06	8.70	8.70	8.79	8.79	8.79	8.79
Seguridad	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55	7.55
Vialidades	10.15	10.15	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57	10.57
Generación de residuos	24.15	24.15	22.46	22.46	21.74	21.25	21.25	21.01
Generación de empleo	0.00	6.98	36.65	35.78	34.90	34.03	33.60	32.29
Economía regional	61.08	54.97	54.97	54.97	54.97	54.97	54.97	54.97
CALIDAD AMBIENTAL NETA	927.06	928.50	784.78	806.76	748.32	785.18	752.21	772.80
IMPACTO AMBIENTAL (Variación con el año cero, 1956)	-	-1.44	142.29	120.30	178.74	141.88	174.85	154.27

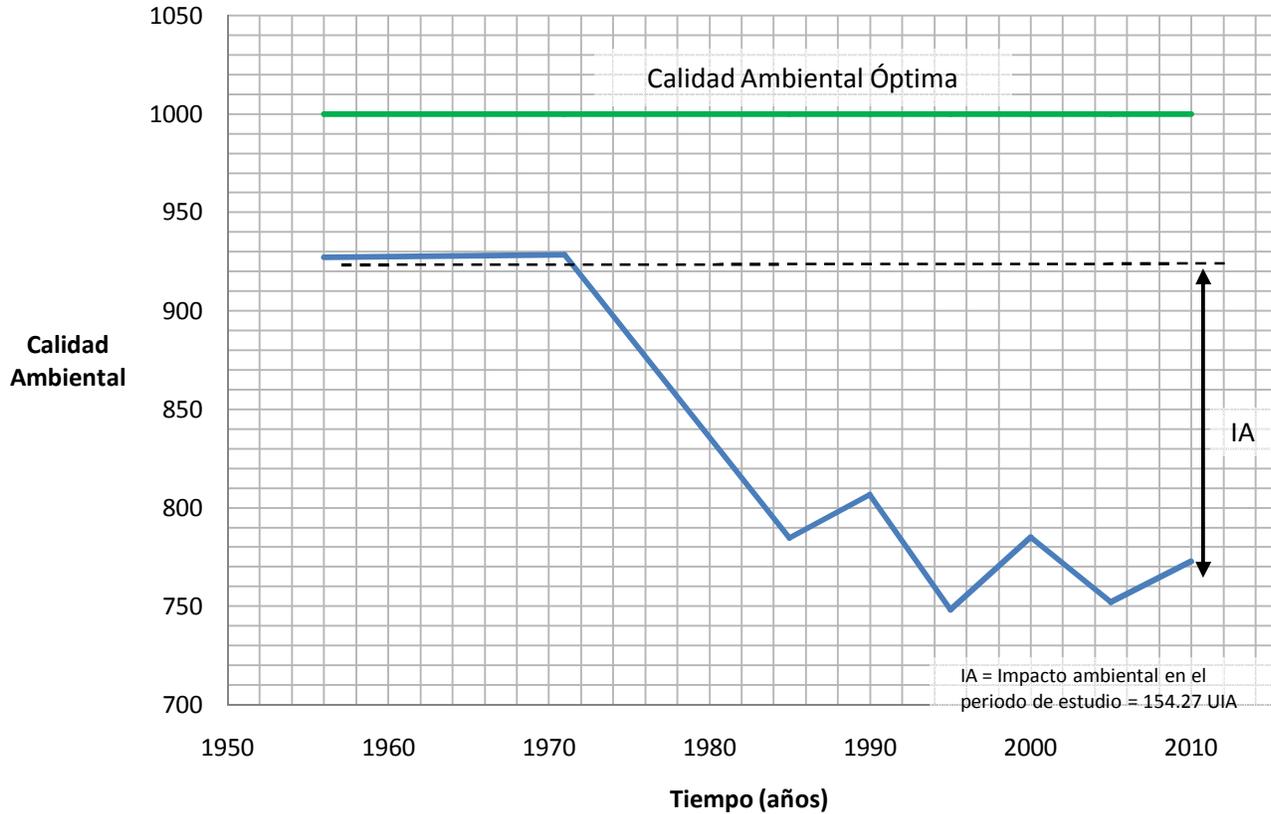


Figura 6. 9 Análisis multitemporal de la calidad ambiental en la zona de estudio

Calidad ambiental en 1956 o estado cero

Para este año se determinó una calidad de 927.06 Unidades de Impacto Ambiental (UIA), esto implica que antes de la actividad minera, la zona de estudio era afectada por las actividades antrópicas ubicadas en el pueblo de Minatitlán, tal es caso de descargas de aguas residuales al río afectando su calidad y también por el desarrollo de ciertas actividades como la agricultura y parcelas que se encontraban al sur de la zona de estudio, otro aspecto importante es que la zona de estudio presentaba caminos de terracería para llegar al pueblo de Minatitlán; de esta manera, la calidad ambiental para el 1956 presenta una disminución en su calidad con respecto a la óptima de 1000 UIA.

Calidad ambiental en 1971

El año de 1971 se considera el inicio del proyecto, por lo que no hay variación importante con respecto al estado cero, esto hace que se mantenga una calidad parecida a la de 1956; por lo tanto, el resultado de la calidad ambiental para este año fue de 928.50 UIA. A diferencia del año de 1956, se presenta un aumento en la calidad con respecto al medio *socioeconómico* donde se aprecia una mejoría destacando en la generación de empleo para iniciar con las principales actividades del proyecto minero.

Calidad ambiental en el año 1985

Para 1985 o 14 años después, se observa una considerable disminución de la calidad ambiental como resultado de las principales actividades mineras. En este año, la empresa minera se encuentra en la fase de operación y mantenimiento; con respecto al año cero, se ve una afectación en los tres medios ambientales (*Físico, Biológico y Socioeconómico*) disminuyendo su calidad a un valor de 784.78 (UIA). Con respecto al año de 1965, se presenta una disminución de 142.29 UIA siendo el *Medio Físico* el más afectado seguido del *Medio Biológico* y por último el *Medio Socioeconómico*, que presenta mejoría en la calidad.

Para el *Medio Físico*, el factor con menor calidad ambiental fue la *Calidad del agua superficial* con un valor de 0.49. Por otra parte, el factor *Erosión* tiene una calidad de 0.71, donde se aprecia que la disminución es debida a la remoción de la vegetación y suelo mas la colocación de terreros, ocasionando arrastre de partículas en épocas de lluvias. Para los factores restantes se presenta una calidad de 0.8 a 0.9. Con respecto al *Medio Biológico*, el factor más afectado para el año de 1985 corresponde a las *Especies en peligro de extinción* de la flora con una calidad de 0.6 seguido por el factor de *Vegetación natural terrestre* con un valor de 0.72 y por último el factor de *Especies en peligro de extinción* para el componente flora con 0.9 de calidad. El *Medio Socioeconómico* presenta una mejoría en la calidad a excepción del componente *Población* donde se marca una fuerte influencia de migración y los cambios en el tipo de suelo a través de los años como el área de la presa de jales para la colocación de residuos de la mina.

Calidad ambiental en el año 1990

Para el año de 1990 se presenta un aumento de la calidad llegando a un valor de 806.76 UIA, lo que significa una variación de 120.3 UIA con relación al año cero. Con respecto al año de 1985, se presenta una mejoría de calidad en el *Medio Físico* pero una disminución para el *Medio Biológico*, la principal razón de la mejoría de la calidad en el *Medio Físico* fue la *Calidad del agua superficial* que tiene un valor de calidad de 0.71 de acuerdo a los estudios realizados utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA), sin embargo, es necesario considerar que el factor *Erosión* presenta una disminución por la reducción del área natural, este fenómeno también causa una disminución de calidad para el factor *Vegetación Natural Terrestre* del *Medio Biológico*.

El *Medio Socioeconómico* mantiene un aumento de la calidad con un valor de 18.7 UIA (3.58 UIA menos en comparación con 1985), la disminución es visible por el aumento de la población y migración en el componente de *Población*. El crecimiento de la población y de la actividad minera en 1990 ha generado un cambio en la distribución del uso de suelo disminuyendo el área natural a un 13% con respecto al área de estudio.

Calidad ambiental en el año 1995

Para este año de 1995 el *Medio Físico* se considera como el más afectado en disminución de la calidad seguido por el *Medio Biológico*. Nuevamente se presenta una disminución del factor *Calidad del agua superficial* con un valor de 0.49 de acuerdo al ICA, esta calificación se debe a la presencia de sólidos disueltos, alta conductividad eléctrica y bacterias (coliformes) provenientes de aguas residuales. Otro factor que presenta una disminución es la *Erosión* con un valor de 0.63; con respecto a los demás elementos del *Medio Físico*, estos mantienen una calidad parecida al año de 1990. El factor *Vegetación natural terrestre* continúa presentando una disminución en calidad con un valor de 0.56 por la expansión o mejor dicho el crecimiento de área de explotación y de la presa de jales.

El *Medio Socioeconómico* no presenta una variación notable en su calidad con respecto 1990 a excepción del componente *Población* con los factores de *Distribución y densidad de habitantes* y *Distribución del tipo de uso de suelo*. Por consiguiente, para el año de 1995 se observa una disminución de calidad con un valor de 748.32 UIA (58.44 UIA menos con el año de 1990) y 178.74 UIA con respecto al año cero y considerándose como la calificación más baja de los años estudiados.

Calidad ambiental en el año 2000

Para este año se puede apreciar una mejoría de la calidad con un valor de 785.18 UIA a comparación del año de 1995 y 178.74 UIA con respecto al año cero; esta calificación se debe principalmente a que el *Medio Físico* presenta una mayor calidad para el componente *Agua* y el factor *Calidad del agua superficial* con un valor de 0.83 UIA. El *Medio Biológico* es el que tiene una mayor alteración en este año por el factor ambiental *Vegetación natural terrestre* con una calidad de 0.53 UIA. El *Medio Socioeconómico* tiene una variación pequeña con respecto a la calidad de 1995 a excepción del factor *Distribución y densidad de habitantes* que tiene una disminución de 11 UIA en comparación con 1995 debido al crecimiento de la población.

Calidad ambiental en el año 2005

Se aprecia una calidad ambiental de 752.21 UIA, lo cual implica una disminución de 141.85 UIA con respecto al año anterior. El medio con mayor afectación fue el *Biológico* con una calidad de 0.51 para el factor *Vegetación natural terrestre*. Para el *Medio Físico* la mayoría de los factores presentan una disminución pequeña en la calidad con respecto al año anterior, solamente el factor de *Precipitación* tiene una calidad de 0.69 unos de los años con menor registro de precipitación media en 52 años. Para el *Medio Socioeconómico* hay una disminución en el factor de *Distribución y densidad de habitantes* por la distribución de la población; sin embargo, el resto de los factores presenta una variación pequeña en comparación con el año 2000.

Calidad ambiental en el año 2010

El último año de estudio tiene una calidad ambiental de 772.80 UIA (20.6 UIA arriba que el año de 1995) y una diferencia de 154.27 UIA en comparación con el año de 1956. Para este año se presenta una mejoría de la calidad en el *Medio Físico*, donde el componente *Agua* muestra una mejora en la *Calidad del agua superficial* con un valor de 0.81 UIA. El *Medio Biológico* mantiene la misma calidad que el año anterior ya que en el Factor de *Vegetación natural terrestre* mantiene una calidad de 0.51. El *Medio Socioeconómico* presenta una disminución en el componente *Población* mientras que el resto de los componentes no presentan una variación considerable.

Calidad ambiental multitemporal

La actividad minera genera un impacto en la zona de estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos se presenta a continuación la calidad para las tres categorías ambientales. La Figura 6.10 desglosa la evolución de la calidad para el Medio Físico, la Figura 6.11 muestra los resultados de calidad para el Medio Biológico y por último los Cuadros 6.12, 6.13 y 6.14 denotan las calidades ambientales para el Medio Socioeconómico. Como indicación, en las figuras se marca la calidad ambiental para el año de 1956 y 2010 para considerar el impacto ambiental (IA).

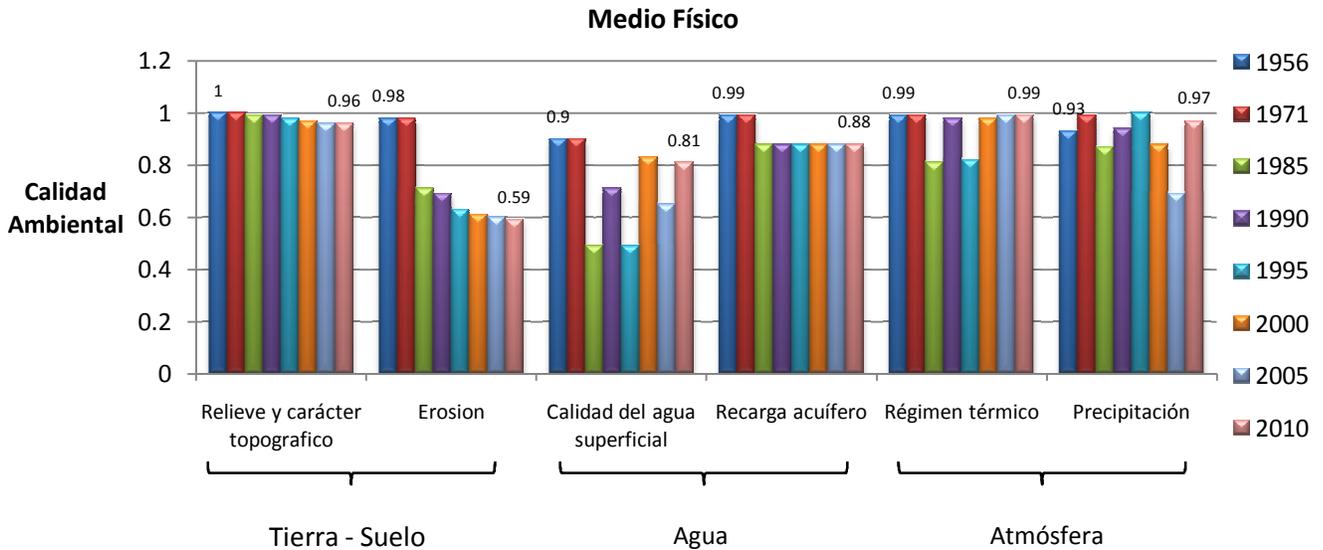


Figura 6. 10 Evolución de la calidad ambiental del Medio Físico

Para el Medio Físico, los elementos más afectados son la Erosión del componente Tierra - Suelo y Calidad del agua superficial del componente Agua. Para el componente *Tierra – Suelo*, el factor *Erosión* tiene un valor inicial de 0.98 para 1965 y termina con un valor de 0.59 para el año 2010, esta disminución de calidad se debe principalmente a la pérdida de suelo ocasionado por la remoción de la capa superficial en un periodo de 40 años considerando el año de inicio de la actividad minera. Para el factor *Relieve* y

carácter topográfico la calidad tiene una disminución muy pequeña de 1 a 0.96. Ambos factores son impactos adversos y que no se pueden evitar en la actividad minera, pero, tienen posibilidad de recuperación siempre y cuando se apliquen medidas correctivas en la fase de operación para mejorar la calidad en la fase de cierre y post-operación.

Para el componente agua el factor de *Calidad del agua superficial* ha tenido una variación considerable de 0.9 para 1956 a un valor de 0.81 para el 2010, obteniendo una calificación *Aceptable* de acuerdo al ICA, pero este método tiene ciertas limitaciones ya que para tener una calificación real es necesario medir el mismo número de parámetros en cada muestreo para que no salga sobrado el resultado entre una año y otro. Otro detalle sería en la presentación de resultados para determinar qué parámetros tienen mayor grado de contaminación o afectación y considerar las acciones principales para su control, de esta manera se considera una hora de tiempo y costo. En época de lluvias es cuando se genera un mayor arrastre de partículas que llegan al río, además de descargas accidentales de origen minero, agrícola y urbano.

Con respecto al factor de *Recarga acuífero*, la capacidad de recuperación es aceptable ya que actualmente se usa para la actividad minera con una producción de 4 ton/año, por lo tanto el impacto ambiental es mínimo compatible y recuperable con el cese de la actividad con un valor de 0.88 para el 2010.

El componente atmosférico es uno de los elementos con menor afectación por la actividad minera en el caso estudio, a su vez, es necesario considerar otros estudios como la emisión de polvos y partículas en zonas urbanas ya que para este trabajo no se logró conseguir estudios relacionados en la zona de estudio y en los años seleccionados.

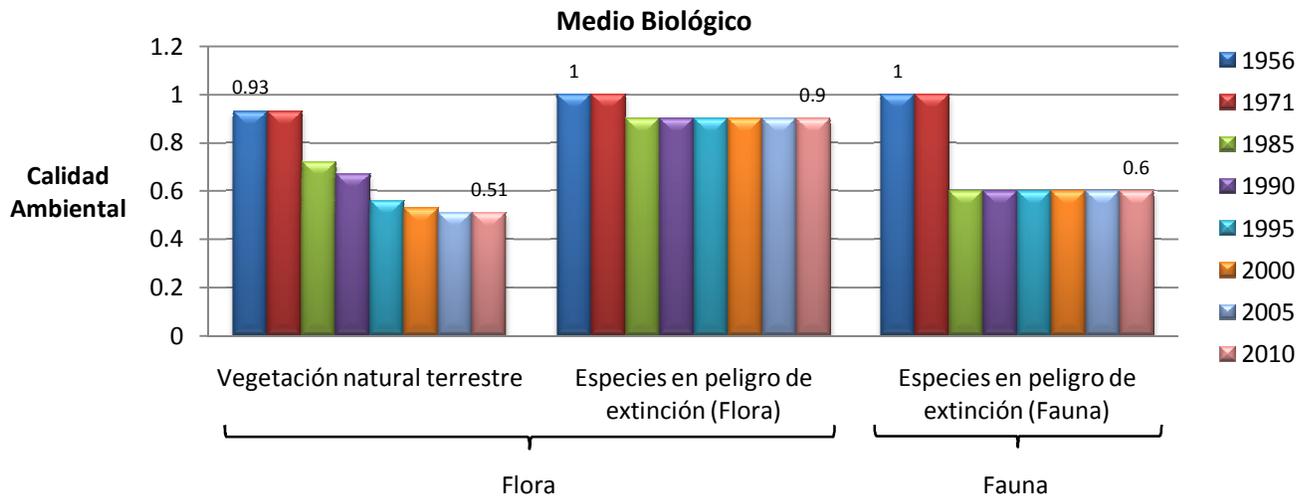


Figura 6. 11 Evolución de la calidad ambiental del Medio Biológico

El *Medio Biológico* también presenta algunos elementos que son afectados durante la actividad minera, para el componente *Flora* el factor *Vegetación natural terrestre* presenta un mayor impacto debido a la remoción de la capa superficial. La calidad para este factor en 1965 fue de 0.93 por la presencia de

actividad agrícola en la zona, posteriormente, con el comienzo y desarrollo de la minería para el 2010 se obtiene una calificación de 0.51, sin embargo, en los años 2005 y 2010 se mantiene la misma calidad porque aunque el área de minado y de los terreros se sigue extendiendo, se encuentran zonas reforestadas de manera natural lo cual hace que se conserve la misma calidad en estos dos años. Nuevamente, este impacto es adverso y permanente, pero empieza a notarse una mejoría de la calidad por las medidas de mitigación realizadas por la empresa, tal es el caso del vivero y las zonas reforestadas, así como el cuidado y protección de las mismas, de esta manera, en la fase de operación se inicia con las medidas correctivas para este factor con el objetivo de que en la fase de cierre y post-operación se concluya con la restauración del área.

La zona de estudio tiene una gran variedad de especies por tener dos tipos de vegetación, el bosque tropical subcaducifolio y la selva caducifolia; esta diversidad de flora y fauna implica que algunas especies están en algún grado de protección de acuerdo a la normatividad mexicana. Por esta razón se consideró el número de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 para la flora, y ver el grado de afectación en la zona. Como resultado se obtuvo una calidad inicial de 1 para 1965 y una calidad final de 0.9 para el 2010. Por otra parte, la empresa ha implantado medidas de mitigación y protección, dando como resultado una recuperación de forma natural mediante la dispersión de semillas ocasionada principalmente por la ingestión y excreción de las mismas. Una desventaja en este punto es que las zonas reforestadas son llamativas para alimento del ganado y ciertos animales como los ciervos que hay en la zona.

Al igual que el factor de *Especies en peligro de extinción* del componente *Flora*, la *Fauna* tiene una gran variedad de especies de las cuales, varias se encuentran en algún grado de protección, lo que hace que se genere un impacto adverso e indirecto, disminuyendo la calidad inicial de 1 para 1965 a 0.6 para el 2010. La mayor afectación ocurre durante la fase de desarrollo por las actividades de desmonte y despalme, con el tiempo este impacto se atenúa durante la fase de operación ya que las especies pasan por un proceso adaptativo. Algunas especies como las iguanas y ranas se pueden encontrar cerca del área de minera y en los poblados como Benito Juárez de Peña Colorada. En las áreas reforestadas y de los viveros, se pueden encontrar algunas especies protegidas como el puma y el venado.

La empresa minera ha tenido control con respecto a la fauna, manteniendo programas de protección a especies y rescate en las nuevas zonas para explotación o colocación de residuos (tal es el caso de la nueva presa de jales ubicada al suroeste de la zona de estudio). Para este factor en la etapa de cierre y post operación el impacto generado por la actividad minera tendrá una recuperación aceptable.

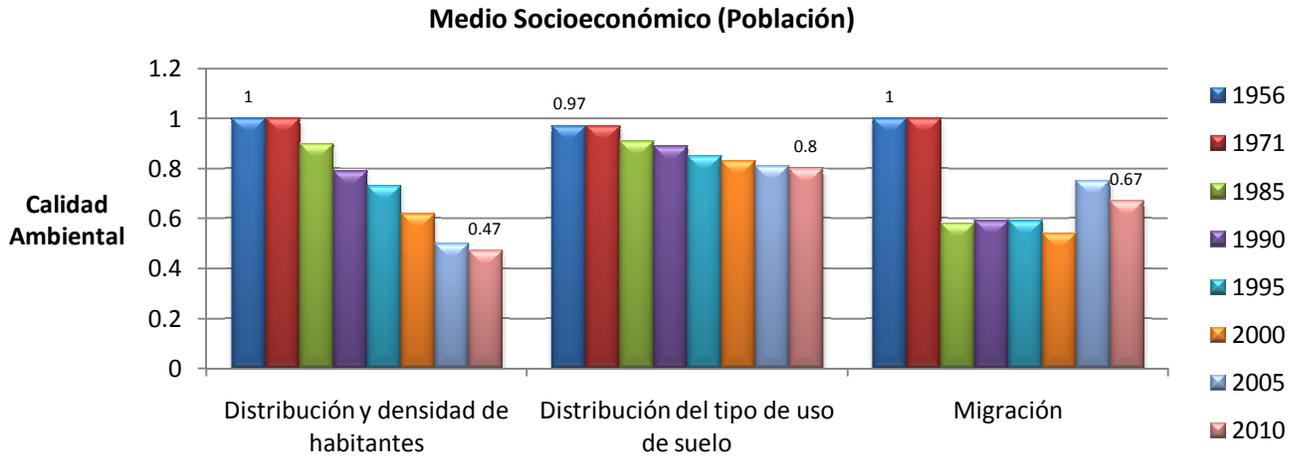


Figura 6. 12 Evolución de la calidad ambiental del componente Población del Medio Socioeconómico

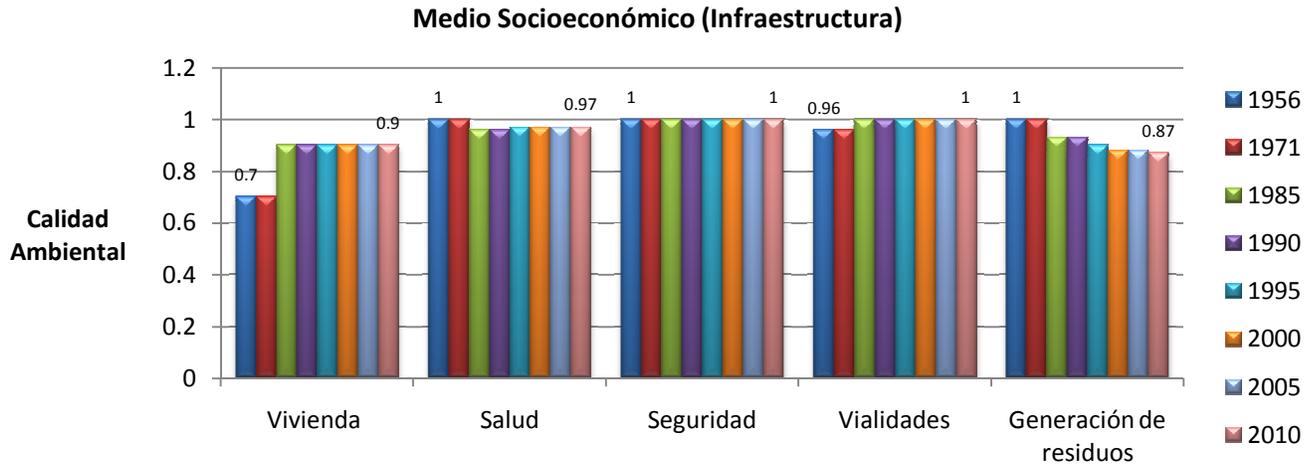


Figura 6. 13 Evolución de la calidad ambiental del componente Infraestructura del Medio Socioeconómico

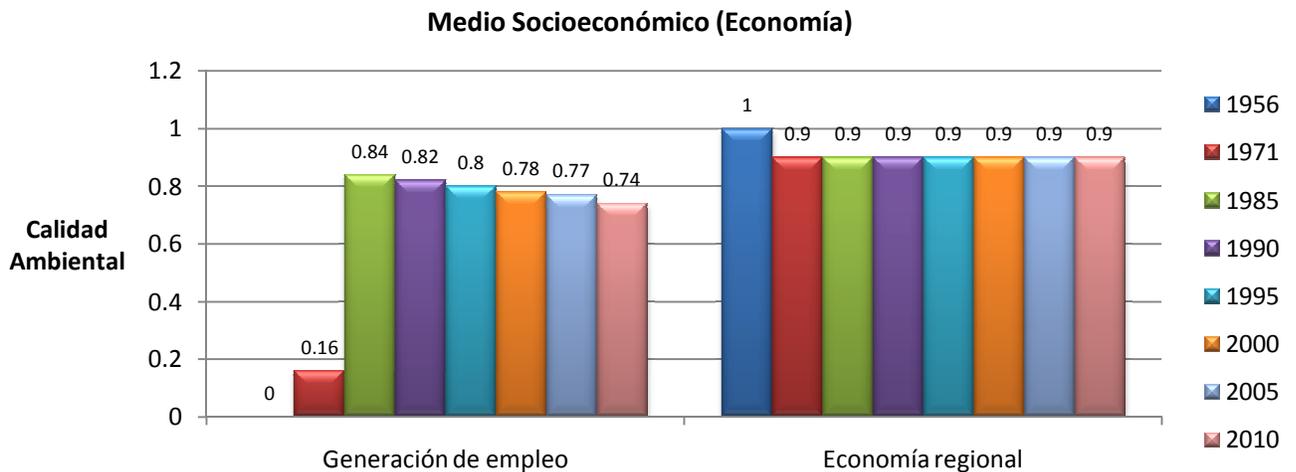


Figura 6. 14 Evolución de la calidad ambiental del componente Economía del Medio Socioeconómico

El *Medio Socioeconómico* es el único que tiene impactos de efecto positivo, pero en algunos factores ambientales se presenta una disminución de la calidad. Para el componente *Población* el factor de Distribución y densidad de habitantes es el que presenta una reducción de la calidad con un valor inicial de 1 para el año cero y con un valor final de 0.47 para el año 2010, esto se debe al crecimiento de la población en las pequeñas zonas urbanas provocando una disminución de la densidad poblacional con un valor de 37.07 hab/ha. Otro factor afectado fue el de *Distribución del tipo de uso* de suelo con un valor inicial de 0.97 a 0.8, esta variación en la calidad se debió principalmente a los cambios de uso de suelo que inicialmente eran de tipo natural y áreas pequeñas de agricultura y terracería, actualmente el 20% del área total en la zona de estudio es de tipo industrial y en menor proporción de tipo residencial. Por último el factor *Migración* presenta un cambio de 1 a 0.67 de calidad, marcando un cambio drástico en el traslado de trabajadores de forma gradual a la zona para iniciar con las obras del proyecto minero después de 1971, actualmente la mayoría de los trabajadores se encuentra en Benito Juárez de Peña Colorada y Minatitlán, siendo Peña Colorada un foco de atracción de oportunidades de empleo para las personas en las zonas cercanas y también para jóvenes egresados relacionados con la actividad minera.

Para el componente de *Infraestructura*, se observa mejoría en la calidad ya que, con el inicio de la actividad minera, varios factores fueron favorecidos como la formación de caminos que permite conectar con los municipios de Manzanillo y el centro de Colima. El crecimiento de la población incluyendo a los trabajadores y familiares de la empresa permitió la construcción de viviendas con los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, luz y de salud, cubriendo las demandas de atención para los habitantes de la zona. Con respecto a la Seguridad la actividad minera no representa un riesgo de que se genere un aumento en el índice de delincuencia en zonas cercanas a los pueblos y de la mina.

En cuestión de *Generación de residuos*, en especial los de origen minero (jales, residuos especiales) se mantienen en la zona debido a su gran volumen. El principal residuo es el de la presa de jales, al sur de la zona de estudio, que abarca una extensión de 1.48 km². Otros residuos generados son los residuos sólidos urbanos o de origen doméstico, pero estos son depositados en el Sitio de Disposición Final ubicado al norte de Minatitlán.

La presa de jales está actualmente en la etapa de cierre ya que alcanzó su capacidad máxima de almacenamiento, por esta razón se enviarán los jales a la nueva presa ubicada al sureste de la mina. Esto conduce a una calificación inicial de 1 para 1956, y a una calificación final de 0.87 para el 2010. Posteriormente, la presa en proceso de cierre, tendrá un acondicionamiento para evitar la formación del drenaje ácido de la mina ya que la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 establece que los jales de Peña Colorada no son peligrosos por su toxicidad debido a que no contienen elementos potencialmente tóxicos (EPT) solubles. Sin embargo, si se clasifican como peligrosos por su capacidad para la generación de drenaje ácido. De esta manera, se utilizarán técnicas de las cuales destaca la creación de barreras reactivas permeables con roca caliza que se encuentra alrededor de la presa y el área de mina para neutralizar el ácido.

Por último para el componente *Economía*, el factor con mas variación en calidad fue el de *Economía regional*, ésta empezó con una calidad de 0.16 en 1965 ya que la principal actividad en la zona de estudio era la agricultura, con la llegada de la minería se abrieron nuevas oportunidades de empleo tanto para los migrantes como para los habitantes de la zona. Actualmente la mayoría de los habitantes de Benito Juárez y de Minatitlán trabajan en la actividad minera aunque se percibe un descenso debido a la migración por parte de los jóvenes en busca de otras oportunidades, académicas o de trabajo, por lo que en el 2010 se tiene una calidad de 0.71. Para el factor de *Economía Regional* se mantuvo un valor 0.9 en calidad ya que la principal actividad a nivel regional era la ganadería, con el inicio de la actividad minera, hoy en día se produce el 33% de hierro a nivel nacional, siendo la principal industria para el municipio de Minatitlán y que actualmente la empresa minera se encuentra en proyectos de exploración en los alrededores del distrito de Peña Colorada con una vida útil de 30 años.

6.6. Conclusiones

El proyecto minero del caso estudio genera un impacto ambiental (IA), considerando todos los posibles elementos. Los factores más afectados son el Medio Físico seguido por el Medio Biológico; para el Medio Físico es necesario tener una mayor atención para el cuidado y/o tratamiento y recuperación del suelo que se remueve para el desarrollo del proyecto, por otra parte, el componente hidrológico también se considera como uno de los elementos más afectados tanto para el agua superficial como para el acuífero que hay en la zona. Con respecto al Medio Biológico la Flora y la Fauna son los factores que son alterados principalmente en la fase de desarrollo del proyecto minero, pero estos factores tienen una recuperación y un proceso adaptativo atenuando el impacto a través del tiempo. El Medio Socioeconómico indica un impacto de efecto positivo por el apoyo en infraestructura, favoreciendo la calidad de vida y la generación de empleos en la zona, siendo Peña Colorada uno de los principales productores de hierro a nivel nacional.

Como resultado del proceso de análisis, se obtuvo una calificación para cada unos de los años seleccionados, donde se puede apreciar que la calidad por el proyecto minero tiene un impacto negativo considerable para los primeros años, considerando las fases de desarrollo y de operación, sin embargo, para este caso las medidas de mitigación y control permiten mantener una calidad e inclusive mejorarla como se vio la zona de estudio. Otro punto importante es que aun sin el proyecto minero, la zona de estudio presentaría una calidad menor a la óptima por la presencia de otras actividades, que para este caso sería la agricultura, generando un IA mayor o menor que la actividad minera.

Como resultado general, el impacto ambiental ocasionado en el caso estudio en el periodo de 1965 al 2010 es de 154.27 UIA o de 772.80 considerando una calidad optima de 1000 UIA. Para el año de 1956 (año cero) y 1971 se considera una calidad promedio de 927.78 UIA que indica que la calidad del medio ya había sido deteriorada por otras causas, naturales y/o antrópicas. Para 1985 se puede observar una tendencia negativa con un valor de 784.78 UIA la cual presenta una mejoría para el año de 1990 con 806.76 UIA; en 1995 nuevamente tiene una tendencia negativa registrando un valor de 748.32 UIA

siendo el año con menor calidad ambiental considerando el Medio Físico como el más afectado, pero nuevamente presenta una mejora de calidad en el 2000 con 785.18 UIA. Para el 2005 señala un descenso de la calidad con un valor de 752.21 UIA y en el 2010 nuevamente presenta una mejoría con un valor de 772.80 UIA. En esta evaluación se observa que los elementos más afectados son el factor Tierra-Suelo y Calidad del Agua superficial del Medio Físico, seguido por la Vegetación natural terrestre del Medio Biológico, por otra parte, el Medio Socioeconómico es el que presenta impactos positivos a excepción de algunos factores que tienen una disminución de la calidad destacando el componente Población en la Distribución y densidad de habitantes y el factor Migración. A través del análisis multitemporal se puede apreciar una tendencia lineal que indica una recuperación de la calidad considerando las actividades realizadas en el proyecto minero junto con las medidas de mitigación realizadas por parte de la empresa.

6.6.1. Recomendaciones

Toda metodología tiene ventajas y desventajas, de acuerdo al método empleado y al proceso de evaluación se debe considerar lo siguiente:

Para la realización del análisis multitemporal fue necesaria la selección de factores medibles y en especial que hubiera registros para cada uno de los años seleccionados. Un ejemplo importante es la contaminación del suelo por hidrocarburos, ya que la maquinaria pesada utiliza diesel y aceite para su funcionamiento y mantenimiento, sin embargo, no se tienen registros de años anteriores y no se puede aplicar esta metodología.

Otro ejemplo importante es la calidad del acuífero, ya que el nivel freático está a pocos metros del suelo y la filtración de elementos como los jales u otras sustancias pueden contaminarlo. Por último y no menos importante es el componente atmosférico por los polvos que hay en el área de explotación por las voladuras y acarreo del mineral desprendiendo partículas que pueden afectar la salud humana y la calidad del aire.

Esta metodología permitió evaluar la calidad ambiental considerando un análisis multitemporal pero para una mejor evaluación de los impactos es recomendable que se hagan muestreos de los principales elementos afectados, que para este caso fueron el suelo y los cuerpos de agua (río y acuífero). Para un mejor seguimiento, es necesario que los muestreos se hagan en un mismo sitio previamente seleccionado durante todos los muestreos y en un determinado periodo de años con el objetivo de detectar de manera oportuna algún cambio significativo en cada elemento y considerar si las medidas de mitigación establecidas en la fase de planeación son las correctas o qué cambios y correcciones deben realizarse para mantener una calidad aceptable y de esta manera mejorar los procedimientos de prevención y corrección para que en la etapa de cierre la alteración del ambiente sea el mínimo después de realizar la actividad minera.

7. Medidas de mitigación de los impactos ambientales

De acuerdo con la metodología propuesta, después de la etapa de valoración de impactos es necesario considerar la prevención y corrección de los mismos mediante la implantación de políticas, estrategias, obras o acciones para eliminar o minimizar los impactos generados.

7.1. Medidas de mitigación

En las primeras etapas de la EIA se han identificado y predicho los impactos adversos sobre el ambiente y la salud por la implantación de un proyecto o actividad. Estos impactos adversos se deben de haber detectado desde el momento de la concepción del proyecto hasta su etapa de diseño. Cuando los impactos detectados violen normas, criterios o políticas de protección y conservación del ambiente en vigor, deben establecerse medidas de mitigación antes de que se apruebe la ejecución.

Es necesario aclarar que estas medidas no deben ser consideradas como un simple requisito adicional resultante del proceso de una EIA, sino como parte integrante de las fases del proyecto. Se entiende por *medida de mitigación la implantación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción que tiene como objetivo eliminar o en su defecto minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las etapas de ejecución de un proyecto (construcción, operación y abandono etc.) y mejorar la calidad aprovechando las oportunidades existentes.*

Cada medida de mitigación propuesta debe ser considerada como una actividad, de la misma forma como se consideran las demás actividades que llevará a cabo el proyecto propuesto y deben ser evaluadas para todos los impactos potenciales en los diferentes factores/componentes y atributos ambientales.

7.1.1. Tipos de medidas de mitigación

Básicamente existen tres tipos de medidas propuestas como resultado en la evaluación de impacto ambiental, que son:

- **Medidas de prevención:** también denominadas protectoras, y que están definidas para evitar, en la medida de lo posible, o minimizar los daños ocasionados por el proyecto, antes de que se lleguen a producir tales deterioros sobre el medio circundante.
- **Medidas de mitigación:** o correctoras, son aquellas que se definen para reparar, atenuar o reducir los daños que son inevitables que se generen por las acciones del proyecto, de manera que sea

posible concretar las actuaciones que son necesarias llevar a cabo sobre las causas que las han originado.

- **Medidas de compensación:** es el conjunto de acciones a través de las cuales se pretende recuperar la funcionalidad ecológica de ambientes dañados por impactos residuales o garantizar la continuidad de aquellos otros que presentan algún grado de conservación, cuando ambos están ubicados en espacios geográficos distintos al afectado directamente por una obra o actividad.

7.2. Legislación y normatividad mexicana a proyectos mineros

Para la determinación de las medidas de mitigación en los diferentes proyectos, es necesario tener en cuenta la normatividad aplicada al sector minero. En México, la regulación ambiental de la minería queda establecida en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), aunque otras leyes como la de Aguas Nacionales, la Gestión Integral de los Residuos y la ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, también tienen alcances ambientales para la industria minera. A partir de éstas, se establecen los reglamentos y normas oficiales que regulan los impactos ambientales, la descarga de aguas residuales, la contaminación atmosférica en las plantas de procesamiento y la disposición de residuos, etc.

La LGEEPA contempla la creación de normas oficiales mexicanas (NOM) para controlar y proteger la calidad de las aguas utilizadas por la minería; la protección de los suelos, la flora y fauna silvestre y el tratamiento de las alteraciones topográficas generadas por la explotación minera; así como la ubicación y formas de depósito del desmonte, y otros residuos que genera ésta industria (Cuadro 7.1). Algunas de las normas oficiales mexicanas, como las de verificación y límites permisibles de emisión de contaminantes pueden parecer ajenas al tema, pero estamos tomando en cuenta que en los procesos mineros se utiliza diversa maquinaria, como son camiones, yucles, palas, perforadoras, etc. y éstas funcionan con combustibles, por lo tanto, descargan contaminantes directamente a la atmósfera.

7.3. Medidas de mitigación propuestas en una muestra de proyectos analizados

Se revisaron alrededor de 22 Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de proyectos mineros a cielo abierto para conocer el tipo de medidas que normalmente se proponen. Estas medidas y prácticas en los estudios tienen el propósito de eliminar o minimizar los efectos adversos previstos para el proyecto a cada uno de los factores ambientales. A continuación se mencionan de manera breve las medidas de mitigación propuestas para cada uno de los factores ambientales a proyectos mineros realizados en México con el fin de analizar su relevancia.

Cuadro 7. 1 Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la actividad minera

COMPONENTE	NORMA	CONCEPTO
Agua	NOM-001-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
Aire	NOM-034-SEMARNAT-2000	Métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente
	NOM-035-SEMARNAT-1993	Establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.
	NOM-037-SEMARNAT-1993	Métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente.
	NOM-038-SEMARNAT-1993	Métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente
	NOM-041-SEMARNAT-2006	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
	NOM-043-SEMARNAT-1993	Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
	NOM-045-SEMARNAT-2006	Vehículos en circulación que usan diesel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.
	NOM-047-SEMARNAT-1999	Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.
	NOM-050-SEMARNAT-1993	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.
	NOM-085-SEMARNAT-2011	Establece los límites máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.
Biodiversidad (Flora y Fauna)	NOM-059-SEMARNAT-2010	Determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y establece las especificaciones para su protección.
Residuos y Sustancias Peligrosas	NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
	NOM-054-SEMARNAT-1993	Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005
Ruido	NOM-081-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
Minería	NOM-120-SEMARNAT-2011	Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.
	NOM-141-SEMARNAT-2003	Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.
	NOM-147-SEMARNAT-/SSA1-2004	Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
	NOM-155-SEMARNAT-2007	Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata.
Suelo	NOM-138-SEMARNAT/SS-2003	Que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2011

7.3.1. Factor ambiental suelo

En los estudios MIA se atribuye un peso importante a la remoción del suelo ocasionadas por las fases de preparación del sitio, construcción y operación. Teniendo un mayor énfasis en el control de la erosión, las principales actividades propuestas en los diversos estudios se muestran en el Cuadro 7.2 donde se puede ver la relevancia de la medida propuesta para mitigar el impacto.

Cuadro 7. 2 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor suelo

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
Aprovechar el material de las escombreras o terreros para usarse en rellenos, nivelación y compactación de los camino de acceso e interiores, patios de concentración, etc. Para evitar abrir bancos de material dentro del sitio del proyecto y/o fuera de éste.	✓	
Realizar las actividades de desmonte y despalme en el área autorizada, para evitar las modificaciones de las superficies colindantes y daño fuera de la zona del proyecto.	✓	
El material producto de desmonte y despalme puede ser utilizado por los habitantes cercanos a la obra o como material de relleno en los tajos abandonados, esparciéndolo ordenadamente en terrenos bajos dentro del predio. En caso de enviarlo a tiradero externo, este sitio deberá estar autorizado y en cumplimiento con la normatividad vigente.		✓
Las áreas de almacenamiento, despacho de combustibles, aceites y área de mantenimiento de equipo, deben tener pisos impermeables con el diseño adecuado para control de fugas o derrames (drenaje, canaletas y trampas). También, debe diseñarse e implementarse un plan de emergencias para atender problemas de fugas o derrames de materiales peligrosos en toda el área.	✓	
En la etapa de abandono del sitio es importante que se establezca el procedimiento para el lavado, y desmantelamiento del equipo e instalaciones riesgosas que contengan las provisiones necesarias para evitar la contaminación de los suelos.		✓
Los residuos sólidos que se generen durante las diferentes etapas del proyecto, deberán manejarse por separado, de acuerdo: <ul style="list-style-type: none"> Residuos de tipo doméstico: deben depositarse en contenedores metálicos o de plástico, con tapa de cierre hermético indicando su contenido; su disposición será de acuerdo con lo que señale la autoridad ambiental. Substancias y residuos peligrosos: deben depositarse en contenedores metálicos o de plástico. El manejo, traslado y confinamiento final se ajustará a lo que estipulan las normas. Debe presentarse el programa de manejo y disposición final de los residuos. 	✓	
No se debe verter los restos de materiales utilizados o generados en cualquier etapa del proyecto en ningún lugar dentro o fuera del área del proyecto. De igual forma se recomienda realizar periódicamente, la limpieza general en todas las áreas donde estén desarrollándose las obras de construcción.		✓
Todos los vehículos y la maquinaria pesada deberán transitar estrictamente por el camino de acceso y el camino interior, maniobrar exclusivamente en los patios y áreas de trabajo, para evitar que dañen la vegetación en las áreas colindantes y modifiquen las características del suelo.		✓
El material inerte debe utilizarse y/o recuperarse mediante el composteo para el relleno de los tajos abandonados y/o explotados, evitar la creación de nuevas escombreras y utilizar éstas para el relleno de todos los tajos en el sitio del proyecto en la etapa de abandono.	✓	
Se debe cumplir con todas las especificaciones para la prevención, contaminación, erosión y modificación de los suelos contenidas en la NOM-120-SEMARNAT-1997.	✓	
Realización de una bitácora mensual sobre la generación de residuos peligrosos y su almacenamiento, cumpliendo con lo especificado en el reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.		✓
Los materiales impregnados con aceites, grasas, pinturas y combustibles, deben ser recolectados y almacenados en contenedores metálicos adecuados evitando la dispersión, disponiéndose de ellos de acuerdo al reglamento.	✓	
Se deberá considerar los criterios ecológicos para la selección y preparación de sitios y trayectorias, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión de energía eléctrica de acuerdo a la normatividad.		✓
Realizar actividades de conservación y reubicación de especies de flora en el área a afectar de especies de lento crecimiento y difícil regeneración, y además de que varias de ellas se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	✓	
Depositar el material estéril en áreas previamente seleccionadas, en donde se garantice que este no será arrastrado por el drenaje pluvial o por el crecimiento de cuerpos de agua, preferentemente colocados en sitios desprovistos de vegetación o perturbados. Asimismo se deberá garantizar que no se obstruyan cauces naturales.		✓
La capa superficial del suelo vegetal será recuperada junto con el material removido sin mezclarse, con el fin de utilizarla para las actividades de restauración de la zona. Es necesario designar un área de almacenamiento temporal con el fin de evitar pérdidas por erosión.	✓	
Las operaciones de aprovechamiento de los tajos debe realizarse de tal manera, que el material inerte debe utilizarse para el relleno de los tajos abandonados y/o explotados y evitar en lo posible la creación de nuevas escombreras e inclusive utilizar éstas para el relleno de todos los tajos en el sitio del proyecto en la etapa de abandono.	✓	
En cada corte del tajo, se rellenarán las áreas ya explotadas, para posteriormente realizar la nivelación y el perfilado del terreno,	✓	

hasta formar lomeríos con pendiente de 15 a 20 grados con respecto a la horizontal, la topografía de la zona tendrá un cambio benéfico considerando la situación topográfica actual, por la afectación de tajos y tiros antiguos, sin embargo, se modificará su topografía debido a que quedarán ciertas zonas con un nivel distinto al original.		
Los residuos de tipo doméstico deberán depositarse en contenedores metálicos o de plástico, con tapa de cierre hermético debiendo indicar su contenido; su disposición será de acuerdo con lo que señale la autoridad ambiental competente.		✓

7.3.2. Factor ambiental agua

El agua es utilizada para el proceso de beneficio en los proyectos se tiene cuidado con los daños producidos por la erosión o derrames causados fallas en el proceso de beneficio o el transporte del jal. Se proponen diseños para desviar la escorrentía con zanjas revestidas, diques y terraplenes. Las principales medidas de mitigación son:

Cuadro 7. 3 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor Agua

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
No afectar los patrones de escurrimiento existentes en el área de influencia, esto para evitar la turbidez y sedimentación de las partículas en los ríos.		✓
Realizar obras de drenaje para conducir el agua de lluvia hacia un drenaje natural durante la vida útil del proyecto.	✓	
Además de esto se realizarán verificaciones diarias sobre el contenido de sólidos suspendidos.		✓
Para asegurar la calidad del agua, se realizara el monitoreo cada 3 meses, y realizar acciones como instalación de tanques de sedimentación, piletas de tratamiento o bien aplicación de cloro o aditivos especiales para su tratamiento.	✓	
Las aguas residuales sanitarias generadas deben ser colectadas en sanitarios o fosas sépticas portátiles y dispuestas de acuerdo a lo indicado en la normatividad ambiental.		✓
La maquinaria y equipo que se utilice debe de estar en su totalidad en perfectas condiciones mecánicas para poder evitar fugas de lubricantes que contaminen los suelos y, por arrastre, contaminen cuerpos de agua.		✓
Las aguas residuales sanitarias generadas en las áreas de trabajo por actividades domésticas. El agua de los sanitarios o fosas sépticas portátiles, deberán ser recolectadas y tratadas.	✓	
No contaminar el suelo durante las reparaciones o suministro de combustibles a vehículos en el sitio de la obra; aplicando la misma recomendación durante el almacenamiento, despacho de combustibles y aceites, para evitar la contaminación de la calidad de agua que logre infiltrarse y pudiese abastecer los mantos freáticos. El mantenimiento de los vehículos debe de realizarse en talleres apropiados para tal fin.	✓	
El contratista no deberá verter los restos del cemento premezclado ni los residuos generados por el vaciado de los camiones revoladores, en ninguna de las áreas dentro o adyacentes del derecho de vía.		✓
Construcción de un sistema de bombeo para mitigar el efecto negativo en el flujo de agua subterránea, aguas arriba de los aprovechamientos para interceptar el flujo subterráneo y conducirlo por canales hasta estanques de reinyección convenientemente situado aguas abajo. El diseño de los estanques de reinyección y su mantenimiento debe asegurar el máximo caudal de reinyección a los acuíferos.	✓	
Uso de bombas centrifugas y cárcamos para evitar escurrimientos a la zona de operación.	✓	
En caso de que sea cortado un acuífero por las actividades del proyecto se notificará a la Comisión Nacional del Agua la que indicará la medida de remediación y/o mitigación pertinente.		✓

7.3.3. Factor ambiental Aire

El principal efecto ocasionado a este factor es la generación de polvo causado por el tránsito de los vehículos, la emisión es causada por la maquinaria y equipo de transporte (camiones) al sitio del proyecto.

Cuadro 7. 4 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor Aire

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
Mantenimiento óptimo al parque vehicular y maquinaria pesada, para reducir sus emisiones contaminantes.		✓
Utilización de equipo de protección auditiva para el personal para operadores	✓	
Las actividades de mantenimiento y reparación de maquinaria se harán exclusivamente en el taller, a menos que sean indispensables procurar su movilización.	✓	
Realizar el riego de caminos conforme a un programa calendarizado y ajustado a las condiciones climáticas al momento de realizar las actividades.		✓
Marcar límites de velocidad en el tránsito de los caminos, para minimizar la generación del polvo durante los recorridos de los vehículos.		✓
Abatir el ruido, al asegurar que los vehículos utilizados para el transporte de materiales y equipos, circulen con escapes cerrados y a baja velocidad, dentro de las instalaciones del proyecto y que cumplan con la normatividad en cuanto a los niveles de ruido permisibles.		✓

7.3.4. Factor ambiental Flora

La flora y fauna son los principales elementos afectados en el medio biológico la alteración de la calidad provocada en el factor Tierra – Suelo, las principales medidas son:

Cuadro 7. 5 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor Flora

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
Durante el desmonte y despalme para el área de avance en el banco se debe realizar el avance en forma direccional, para evitar daños a la vegetación circundante de manera innecesaria, especialmente en los límites de la zona de explotación final.		✓
Delimitar el área de trabajo semestralmente para que el derribo de vegetación se realice solamente en la etapa que se requerirá trabajar.	✓	
Participación en programas de prevención y control de incendios.		✓
No realizar actividades de quema de maleza, uso de herbicidas o productos químicos durante las actividades de desmonte y de establecimiento de planillas de barrenación en el sitio del proyecto.	✓	
Depositar el material removido en sitios donde no sea arrastrado por el drenaje pluvial.		✓
La vegetación que sea retirada se trozará y se esparcirá, en sitios previamente seleccionados por el responsable del proyecto, a fin de facilitar su integración al suelo, en caso de no ser utilizados como esquejes o material para la reforestación.		✓
Recolección de la capa superficial del suelo vegetal, para usarla en las actividades de restauración de la zona.	✓	
No es permitido la acumulación de desechos, producto del desmonte y despalme fuera de los límites del área del proyecto.		✓

Rescate de especies para la reubicarlos en áreas naturales cercanas o bien donadas a instituciones educativas y de investigación.	✓	
Verificación de la maquinaria para evitar derrames de aceites y gasolinas.		✓
Tránsito de vehículos en áreas destinadas para su circulación, para evitar la afectación de áreas con vegetación natural.		✓
Reincorporar especies endémicas en los trabajos de restauración (reforestación) que fueron criadas en viveros.	✓	

7.3.5. Factor ambiental fauna

Cuadro 7. 6 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor Fauna

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
Aplicación de reglamento de trabajo que prohíba la presencia de perros o gatos.		✓
Realizar actividades de prevención y control de incendios en el predio.		✓
Implementar el programa de cambio de uso de suelo de manera paulatina en lo posible para que permita que las especies que puedan moverse y escapar de las áreas de avance del plan de minado.	✓	
Colocación de rocas, troncos, hojas, y materia orgánica semidescompuesta y pequeños bebederos en lugares estratégicos para refugio y suministro de alimentos en la etapa de rehabilitación.	✓	
Establecimiento de reglamentos, procedimientos y sanciones, para evitar que los empleados capturen, dañen o vendan especies de fauna nativa en el sitio y sus alrededores.		✓
Realización de actividades de ahuyentamiento a las especies.	✓	
Los vehículos y maquinaria en general, deben manejar una velocidad moderada, para evitar el atropellamiento de fauna silvestre que transite por el sitio del proyecto.		✓
Colocación de mallas al ras del suelo en caso de excavaciones a cielo para evitar que los animales caigan en ellas.	✓	
Rescate de especies antes de la etapa de preparación del sitio y construcción.	✓	
En la etapa de operación se puede realizar reforestación en zonas cercanas para restablecer a la fauna silvestre.		✓
Establecer cuerpos de agua que puedan ofrecer adecuada cobertura vegetal a través del tiempo fomentando el establecimiento de diferentes especies tanto locales como migratorias.	✓	

7.3.6. Factor ambiental Social

El factor social es el más importante para impulsar económicamente la zona del proyecto mediante la generación oportuna de empleo y vivienda visto en el Capítulo 6. Hoy en día las empresas mineras instrumentan programas sociales, encaminadas a la protección de la población y al desarrollo de actividades económicas alternas. Las medidas de mitigación propuestas en diversos proyectos mineros al factor social se describen a continuación tomando en cuenta la relevancia son:

Cuadro 7. 7 Medidas de mitigación propuestas en MIA para el factor Social

Medida de mitigación	Relevante	
	SI	NO
En la contratación de personal, se da preferencia a los habitantes de la zona, siempre y cuando sea posible, en función de sus conocimientos técnicos y perfil de puesto definido.	✓	
Equipar al personal con equipo de protección e instrumentación en el manejo de sustancias o residuos peligrosos.		✓
Realización de programas y supervisión para minimizar riesgos de seguridad y de salud en el trabajo en cada una de las etapas del proyecto minero.	✓	
Establecer servicios de atención médica; equipo contra eventualidades (equipo contra incendios, motobomba, equipo de protección personal), plan de prevención de accidentes, señalización indicando áreas de riesgo, capacitación en los procedimientos operativos y procedimientos en el manejo de materiales, residuos peligrosos y en las actividades que se plantearán en el plan de prevención de accidentes.	✓	
Establecimiento de rutas de circulación para las personas ajenas a las actividades de la mina evitando que circulen en vehículos por zonas de alto riesgo.		✓
Colocar señales de riesgo y/o precaución a lo largo de la línea de transmisión y caminos operativos, dirigidas específicamente hacia la población, además de las necesarias para el propio personal que labore en las actividades del proyecto.		✓
Cumplimiento con las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo de a las especificaciones contenidas en la normatividad.		✓

Después de haber observado todas las medidas de mitigación propuestas en las MIA se atribuye que el 45% tienden a evitar los impactos importantes que se identificaron en el Capítulo anterior. Estas medidas tienen la capacidad de reducir y reducir la contaminación de los impactos generados en el estudio. Sin embargo, las MIA solo mencionan y consideran las medidas de mitigación básicas y elementales que se aplican en proyectos para cumplir con la normatividad. Actualmente se han desarrollado métodos y medidas que pueden considerarse como una práctica aceptable a la industria minera y al medio ambiente.

Un ejemplo de estos es la empresa Grupo Peñoles que opera una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en convenio con el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento (SIMAS) de Torreón, Coahuila, el propósito fue depurar las aguas residuales provenientes de la ciudad y utilizar el agua tratada en sus operaciones, para aliviar la presión sobre el agua de primer uso para consumo de la población de la ciudad de Torreón.

7.4. Medidas de mitigación aplicadas en el caso estudio

La historia de la protección al ambiente en la legislación mexicana se remonta a los años setenta, en la que se encontraba regulada en varios cuerpos legales, los cuales estaban básicamente enfocados a la protección de la salud humana y no se contemplaba al medio ambiente o a la vida silvestre como bienes jurídicamente tutelados.

Durante la segunda mitad los años ochenta se dieron cambios importantes en la legislación ambiental mexicana, en 1986 se publicó por primera vez la ley denominada “Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente”. Esta Ley es la que hasta ahora sigue regulando de manera general el tema

ambiental. Hasta ese momento, la aplicación de la legislación ambiental y la verificación de su cumplimiento era un tema exclusivo de las autoridades administrativas, mismas que no ejercían sus facultades de inspección.

Por lo mencionado anteriormente en materia de legislación ambiental en los años de 1970, Peña Colorada por su antigüedad al inicio del proyecto de explotación no consideraba metodologías o medidas de control para el medio ambiente ya que no se contaba con una normatividad ambiental bien desarrollada ni la conciencia de la protección ambiental.

Con el paso de los años y los cambios en cuestión de legislación ambiental en el país. La empresa minera ha adoptado la nueva legislación de 1986 mediante la aplicación de los nuevos métodos de control y mitigación en el aspecto ambiental.

7.4.1. Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001

Actualmente la empresa tiene una política ambiental con el fin de cumplir con la legislación ambiental vigente y cuenta con la certificación de industria limpia de la norma ISO 14001, esta norma internacional define un proceso para controlar y mejorar el rendimiento medioambiental de una organización; su objetivo general es *disminuir la contaminación derivada de los impactos ambientales significativos y legislados identificados en los procesos de la organización, incorporando en sus métodos de trabajo la tecnología necesaria para el control de sus operaciones.*

La certificación ISO 14001 tiene el propósito de apoyar la aplicación de un plan de manejo ambiental en cualquier organización del sector público o privado. Fue creada por la Organización Internacional para Normalización (International Organization for Standardization - ISO), una red internacional de institutos de normas nacionales que trabajan en alianza con los gobiernos, la industria y representantes de los consumidores.

La norma ISO 14001 exige a la empresa crear un plan de manejo ambiental que incluya: objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para lograr esas metas, responsabilidades definidas, actividades de capacitación del personal, documentación y un sistema para controlar cualquier cambio y avance realizado. La norma ISO 14001 describe el proceso que debe seguir la empresa y le exige respetar las leyes ambientales nacionales. Sin embargo, no establece metas de desempeño específicas de productividad.

Peña Colorada tiene una mejora continua al llevar a cabo la Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental (SiGA) con el fin de realizar dichas auditorías para cumplir con los planes establecidos incluyendo los requisitos de la normatividad así como la adecuada integración y mantenimiento de los procesos a desarrollar y por último el suministrar los resultados de las auditorías a la dirección.

7.4.2. Medidas de Mitigación

Las medidas de mitigación consideradas en la empresa de Peña Colorada se mencionan a continuación de acuerdo a cada uno de los componentes del medio, Cuadro.

Cuadro 7. 8 Principales Medidas de Mitigación Realizadas por la Empresa Consorcio Minero Benito Juárez de Peña Colorada de C.V.

Componente	Principales Medidas de Mitigación Realizadas
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> Las actividades de desmonte y despalme se hacen en el área autorizada del proyecto. Se maneja el programa de recolección de suelo contaminado con residuos y su posterior remediación. Realización de composta para mejorar las capacidades químicas del suelo. Tránsito de la maquinaria y equipo en zonas indicadas y/o trazadas previamente. Deposito de material estéril en áreas previamente seleccionadas. Separación de los principales residuos peligrosos. Disposición final de residuos especiales. Estabilización de taludes.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de una planta de tratamiento. Creación de obras de drenaje para conducción del agua pluvial. Recuperación del agua ocupada de la planta de beneficio. Recolección de jales en ríos o lagos ocasionados por fallas. Implementación de sistema de bombeo. Cierre de la presa de jales mediante medidas el uso de tratamientos pasivos para el control de drenaje ácido, sin embargo, no produce lixiviación de metales pesados lo cual se recomienda un tratamiento de barreras permeables alrededor de la presa.
Aire	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento óptimo al parque vehicular y maquinaria pesada. Mediciones para determinar el tamaño de las partículas que pueden ser considerados en la fracción respirable. Determinación de límites de velocidad para reducir la emisión de polvos. Riego de caminos.
Flora	<ul style="list-style-type: none"> Rescate de especies en la nueva presa de jales. Protección de especies mediante concientización ciudadana a especies encontradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Reforestación de terreros. Construcción de viveros con especies endémicas de la zona.
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> Rescate de especies en la nueva presa de jales. Protección de especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Colocación de estanques de agua. Protección de especies mediante la concientización de la gente. Control de incendio de predios. Reincorporación de especies en zonas reforestadas. Monitoreo de especies en los terreros reforestados.
Socioeconómicos	<ul style="list-style-type: none"> Contrato de personal de preferencia del pueblo de Minatitlán. Equipar al personal con equipo de protección. Realización de programas y supervisión para minimizar riesgos de seguridad y de salud. Estableciendo del centro de salud a trabajadores de la empresa en El Poblado. Colocar señales de riesgo y/o precaución a lo largo de la línea de transmisión y caminos operativos, dirigidas específicamente hacia la población. Creación de programas culturales y deportivos.
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> Reincorporación de las áreas ya explotadas

7.4.3. Valoración de impactos residuales del caso estudio aun contando con medidas de mitigación

Como se ha mencionado anteriormente la mina de Peña Colorada todavía tiene una vida útil de 30 años el cual tiene un valor de producción de casi 4 millones de toneladas por año. Por esta razón, el impacto ambiental en el área de estudio aumentara en algunos factores ambientales (como se observo en el Capitulo 6) en la etapa de operación y mantenimiento, los elementos más afectados será el componente Tierra-suelo y Flora del Medio Físico y Biológico ya que se pretende expandir el área de explotación, Se prevé que en unos años sea necesario la reubicación de los habitantes del pueblo de Peña Colorada debido al mineral de alta ley encontrado en la zona del pueblo. También, la presa de jales actualmente está en proceso de cierre. Los jales del proceso serán enviados a la nueva presa ubicada en la localidad de Arrayanal al sureste del municipio de Minatitlán.

Es necesario aclarar que la tasa de variación del impacto total neto será constante con una tendencia positiva, esto se atribuye a la implantación de medidas de mitigación para minimizar y reducir el impacto causado por la explotación y la presa de jales. Para el cierre de la presa de jales se considera el uso de un sistema de tratamiento pasivo para controlar el drenaje acido (barreras reactivas permeables).

Con respecto a la nueva presa de jales, está se construyo con base en la actual normatividad mexicana. Estas principales acciones permiten una recuperación o rehabilitación de la zona de estudio a largo plazo. Sin embargo, hay impactos que aun con rehabilitación en la zona de estudio estos permanecerán aun. Estos impactos son residuales y sus efectos continuaran a través del tiempo de 30 años a que se establezca un cierre definitivo de la mina. Habrá impactos residuales después del cierre de operaciones como es el factor Relieve y carácter topográfico del componente Tierra- Suelo. Debido al requerimiento permanente de monitoreo y tratamiento de agua, esto puede ser una generación de empleo después del cierre. Además, algunos caminos se dejarán intactos para ofrecer acceso a las estaciones de monitoreo y las instalaciones de tratamiento de agua.

7.5. Tipos de medidas de mitigación observadas en otros países, consideradas buenas prácticas de ingeniería

El Derecho ambiental tiene por objeto el conjunto de normas que regulan las actividades de los grupos humanos en un sistema económico para influir en la interacción entre los componentes y/o sistemas que conforman el ambiente, mediante la generación de efectos de los que se espera una modificación significativa de sus condiciones de existencia. Es conveniente aclarar que en un sentido, el derecho ambiental es parte de una nueva rama del derecho por su carácter interdisciplinario con otras ciencias.

Las normas que protegen indirectamente al medio ambiente surgen desde la Revolución Industrial y posteriormente, con paso del tiempo esta legislación ha evolucionado junto con el desarrollo tecnológico. Es necesario mencionar que la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo considera el manejo de un

desarrollo sustentable que se define como el *Asegurar que las necesidades actuales se satisfagan sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. El desarrollo sustentable no es un estado de armonía fijo, es un proceso que cambia según la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones económicas, la orientación del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales consistentes con las necesidades futuras y las presentes.*

Hablar del desarrollo sustentable involucra una multiplicidad de temas relativos a las organizaciones industriales, Cárdenas, Chaparro, definen una breve descripción sobre los principios del desarrollo sustentable (Beder, 1996):

- * **Respeto y cuidado de las comunidades vivas:** Cuidado tanto de seres vivos como de otras formas de vida en el presente y en el futuro. El desarrollo no debe alcanzarse a costa del sacrificio del desarrollo de otros grupos o generaciones.
- * **Mejoramiento de la calidad de vida humana:** El objetivo real del desarrollo es mejorar la calidad de vida humana. Es importante resaltar que los objetivos del desarrollo de los seres humanos varía entre ellos, sin embargo, existen objetivos universales como:
 - ✓ Disfrutar de una vida duradera y sana, de educación, acceso a los recursos necesarios para tener una categoría de vida aceptable, libertad política, garantía del cumplimiento de los derechos humanos, entre otros.
 - ✓ Conservar la vitalidad y diversidad del planeta Tierra: conservar los sistemas que dan soporte a la vida, conservar la biodiversidad, asegurar que el uso de los recursos renovables sea sustentable.
 - ✓ Minimizar el agotamiento de los recursos naturales no renovables: aunque estos recursos no pueden ser sustentables, su vida útil puede extenderse a favor de la durabilidad y la minimización del agotamiento del recurso; para esto se cuenta con prácticas de reciclaje o sustitución de recursos.
 - ✓ Considerar la capacidad de carga del planeta Tierra: no superar los límites de carga del planeta para no generar efectos negativos en las comunidades que lo habitan.
- * **Cambio de actitudes personales y prácticas:** adoptar la ética que respalda el desarrollo sustentable, ya que requiere de la evaluación de valores y comportamientos de las comunidades.
- * **Promover en las comunidades el cuidado de su propio ambiente:** la mayoría de las actividades creativas y productivas tienen lugar en las comunidades, siendo éstas el medio ideal para promover actitudes entre la gente.

- * **Fomentar una estructura nacional para la integración del desarrollo y la conservación:** las sociedades necesitan tener acceso a la información y conocimientos base para actuar en forma congruente.
- * **Creación de una alianza global:** Es importante establecer una alianza entre países para poder proporcionar ayuda a aquellas naciones cuyo nivel de desarrollo sea inferior.

Como respuesta a las apreciaciones anteriormente citadas, los países desarrollados han puesto en marcha una serie de iniciativas para orientar a los productores y garantizar a los ciudadanos que los materiales y productos provistos por la industria se fabrican de acuerdo con las normas ambientales, y siguiendo los postulados de la sustentabilidad. Es por ello que el concepto de las *buenas prácticas* ambientales es un referente obligado para todas las actividades extractivas en la actualidad. De acuerdo a lo anterior las buenas prácticas se pueden definir como a *las actuaciones individuales, tanto en la actividad profesional como en otros ámbitos vitales, realizadas a partir de criterios de respeto al medio ambiente.*

7.5.1. Legislación internacional

La evidencia del deterioro ambiental es el impacto que se da de manera más directa al bienestar de las personas, motivando la preocupación de la sociedad por la calidad del ambiente. Unos ejemplos de estos hechos fueron los casos de envenenamiento de personas por mercurio en Minamata, o los problemas de salud por la contaminación del aire en Londres.

Durante el movimiento verde de los años 60's, se manifestó el reconocimiento de que la conservación del ambiente, y la preservación de los paisajes naturales y el hábitat de plantas y animales, tenían un valor para la sociedad. Fue esta misma la que comenzó a ejercer presión sobre los gobiernos para que regularan los impactos ambientales que generan las industrias, entre ellas la minera.

En consecuencia, algunos de los principales productores de minerales como Estados Unidos, Canadá y Australia comenzaron a legislar en materia ambiental sobre las operaciones mineras superficiales en la segunda mitad del siglo XX. La legislación ambiental de la minería en estos países es heterogénea en cuanto a competencias y contenidos, sin embargo, en todas se contempla la restauración de las minas (Cuadro 7.8).

Cuadro 7.9 Legislación ambiental aplicable a la minería en países desarrollados, González, 1999.

PAÍS	NORMAS JURÍDICAS
Australia Occidental	Mining Act ,1978
	Department of minerals and Energy, Western Australia, Guidelines for Mining Project Approval in Western Australia (Rev. Ed. Julio 1993)
	Guidelines for the application of environmental conditions for onshore mineral exploration and development on conservation reserves and other environmentally sensitive land in Western Australia
Canadá	BC Environmental Assessment Act
	Columbia Británica
	Mines Act , Revised Statutes of British Columbia,1996
	Health, Safety and Reclamation Code for Mines, 1997
	Environmental Assessment Review able Projects Regulation.
	Ontario
Ontario Mining Act , Revised Statutes of Ontario 1990	
Ontario Regulation 114/91	
Rehabilitation of Mines, Guidelines for Proponents	
Québec	
Mining Act (Revised Statutes of Québec), 1994	
Regulation respecting mineral substances, other than petroleum, natural gas and brine	
Guidelines for preparing a mining site rehabilitation plan and general mining site rehabilitation requirements	
Estados Unidos	Colorado
	Colorado Mined Land Reclamation Act
	Colorado Land Reclamation Act for the Extraction of Construction Materials
	Nevada Administrative Code
	Nuevo México
New Mexico Mining Act	
New Mexico Mining Act Implementation	
Sudáfrica	Minerals Act 50, 1991
	Department of Minerals and Energy, Aide-Memoir for the Preparation of Environmental Management Programme Reports for Prospecting and Mining (1992).

Fuente: Restauración de minas superficiales en México, Carolina Jiménez, (2006)

7.5.2. Planes de manejo y abandono de minas

La solicitud de planes de manejo ambiental y de restauración de la áreas afectadas, así como el cumplimiento de requerimientos detallados para la construcción, mantenimiento y la restauración del sitio de explotación, conforman parte de las reglas que debe cumplir la industria minera para la aprobación de sus operaciones en los países antes mencionados (Lee, 1999). Pero además, existen mecanismos de financiamiento diseñados para asegurar el cumplimiento de sus compromisos, entre ellos el de restaurar. El cierre de la mina es un proceso, y se refiere al período del tiempo en que la etapa operativa de una mina está terminando o ha terminado y se está emprendiendo la retirada del servicio y la rehabilitación de la mina. El cierre puede ser solamente temporal en algunos casos, o puede dar lugar a un programa de cuidado y mantenimiento. Así, los gobiernos pueden responder por los impactos ambientales ante el abandono de las minas o la quiebra de las empresas. Algunas de las principales características de la

legislación internacional en el ámbito de operación y cierre de minas de varios países del mundo se describen a continuación.

Argentina

El título de la protección ambiental de la actividad minera es agregado al Código de Minería, en su Art. 1, el ámbito de aplicación y alcances considera la protección del ambiente y la conservación del patrimonio natural y cultural.

Australia Occidental

En Australia Occidental, los solicitantes de permisos mineros deben cumplir con lo siguiente: *el uso del suelo posterior a la actividad minera, debe implementarse con la principal alternativa propuesta*, a este requerimiento se agrega la siguiente declaración: *El manejo medio ambiental y el programa de rehabilitación deben esforzarse en establecer las condiciones y criterios necesarios para que el uso del suelo elegido, (posterior a la actividad minera) sea implementado satisfactoriamente.*

Australia del Sur

La guía de Australia del Sur establece que la rehabilitación tiene como objetivos generales:

- Dejar el sitio limpio y seguro después que la actividad minera ha terminado.
- Crear las condiciones necesarias para permitir un uso posterior del suelo.
- Estabilizar el sitio mediante el control de la erosión.
- Eliminar el impacto visual.

La minería no es el uso definitivo del suelo. El sitio debe ser dejado en un estado adecuado para su utilización por generaciones futuras.

Bolivia

El artículo 14 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental dispone que la Evaluación de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Título III de la Ley (Ley del Medio Ambiente), tiene como objetivos principales:

- Identificar y predecir, los impactos que un proyecto, obra o actividad pueda ocasionar, sobre el medio ambiente y sobre la población con el fin de establecer las medidas necesarias para evitar o mitigar aquellos que fuesen negativos e incentivar aquellos positivos. Asimismo, prever los

principios ambientales, mediante la evaluación de impacto ambiental estratégica, en la toma de decisiones sobre planes y programas;

- Aplicar los instrumentos preventivos tales como: la Ficha Ambiental (FA), el Estudio de evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) y la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), a través de los procedimientos administrativos, estudios y sistemas técnicos establecidos en este Reglamento.

Ahora bien, en el tema de los objetivos existe cierta especificidad para los planes de cierre de operaciones extractivas mineras, como se advierte del texto del art. 71 de la Ley del Medio Ambiente ya citado: *Las operaciones extractivas mineras, durante y una vez concluida su actividad, deberán contemplar la recuperación de las áreas aprovechadas con el fin de reducir y controlar la erosión, estabilizar los terrenos y proteger las aguas, corrientes y termales.*

Canadá (Columbia Británica)

El objetivo fundamental, que se desprende de los diversos cuerpos normativos referentes a cierre de minas de la provincia de Columbia Británica, es *asegurar un desarrollo sustentable de la industria minera*. Para cumplir con este objetivo, se requiere la restauración de la tierra y de los cauces de agua, al menos a un nivel similar de productividad existente al momento de comenzar la actividad minera. Además, se exige la protección de la salud y seguridad pública y el manejo y control de cualquier descarga que pueda producir daños al medio ambiente.

Se establecen objetivos (o estándares) bastante amplios, que otorgan incentivos suficientes para minimizar costos y desarrollar técnicas de rehabilitación innovadoras. El Código de Salud, Seguridad y Rehabilitación de Minas de la Provincia de Columbia Británica, exige al dueño, agente o administrador de una mina, implantar un programa de protección ambiental y rehabilitación de acuerdo a los estándares prescritos en la sección del mismo Código.

Los estándares son los siguientes:

- * **Uso de la tierra:** La tierra superficial del sitio debe rehabilitarse a un uso aceptable, que considere su uso previo a la actividad minera y su uso potencial; se requiere su rehabilitación al menos a un nivel similar de productividad al existente al momento de comenzar la actividad minera, a menos que el dueño, agente o administrador pueda demostrar a la autoridad, que no es posible alcanzar ese objetivo.
- * **Estabilidad en el largo plazo:** La tierra y los cursos de agua deben dejarse en condiciones estables; se establece un factor de seguridad para asegurar la estabilidad en el largo plazo de estructuras, incluyendo botaderos de desechos, tranque de relaves, caminos, etc.

- * **Revegetación:** La tierra debe ser revegetada a un nivel auto- sustentable, utilizando las especies vegetales adecuadas.

- * **Estructuras y equipos:** Considera que en la etapa de abandono se debe
 - ✓ Retirar toda la maquinaria, equipos y estructuras;
 - ✓ Las cimentaciones de concreto deben cubrirse y reintegrar la vegetación, a menos que sea impracticable y autorizado por el Inspector;
 - ✓ Todos los materiales de desecho deben disponerse de una manera aceptable para el Inspector

- * **Sitios de disposición final:** Estos deben rehabilitarse para asegurar
 - ✓ La estabilidad en el largo plazo y el control de la erosión en el largo plazo;
 - ✓ Que el agua que escurre de los sitios de disposición final hacia el medio ambiente tenga una calidad aceptable para el Inspector;
 - ✓ Que el uso del suelo y productividad, sean alcanzados.

- * **Cursos de agua:** Estos deben rehabilitarse hasta una condición que asegure
 - ✓ Que la calidad del agua mantenga un estándar aceptable por el Inspector en el largo plazo;
 - ✓ El drenaje de agua sea reenviado a su fuente original o a nuevos cursos, asegurando que se mantenga autosustentable, sin necesidad de mantenimiento;
 - ✓ Los objetivos de uso y productividad sean alcanzados, no debiendo ser inferiores a los existentes antes de comenzar la actividad minera, a menos que se demuestre al Inspector jefe que es impracticable.

- * **Terreros y zona de explotación:** deben rehabilitarse en la misma forma que los sitios de disposición final; aquellas construidas en roca o con una pendiente muy escarpada no requerirán ser reforestadas; en los lugares en que el yacimiento esté libre de agua y es accesible, se deberá reintegrar vegetación.

- * **Presas de jales:** estas deben rehabilitarse de manera de ser compatibles con el uso de la tierra aprobada; antes del cierre de la mina, se debe enviar un reporte al Inspector jefe, sobre las condiciones post operacionales de las presas, diques, control de filtraciones, medidas de control y el monitoreo post-operacional. Además, Se debe implantar un control de la presa de jales permanentemente de acuerdo al estándar estipulado y debe instalarse antes del abandono final.

- * **Caminos:** Todos los caminos deben rehabilitarse de acuerdo con los objetivos del uso de la tierra y mantener el acceso en forma permanente a menos que sean innecesario.

- * **Metales:** Se debe monitorear la vegetación para determinar la absorción de metales. El resultado debe ser compatible con la vida vegetal y animal.

- * **Disposición de sustancias químicas:** Cuando no puedan ser devueltas al fabricante, deberán disponerse de acuerdo a las normas municipales, regionales, provinciales y federales.
- * **Generación de drenaje ácido:** Todo material capaz de generar ácido, debe disponerse de modo que disminuya la producción y el drenaje de ácido a un nivel aceptable con la calidad del medio ambiente.
- * **Monitoreo:** El dueño, agente o administrador debe establecer los programas de monitoreo, requeridos por el Inspector Jefe, para demostrar que los objetivos de la rehabilitación, incluyendo el uso de la tierra, productividad, calidad del agua y la estabilidad de las estructuras se han alcanzado.
- * El gobierno de la provincia busca alcanzar los niveles anteriores, con el menor costo para la industria y para la provincia (en términos de administración del sistema). Todo el proceso de rehabilitación se debe desarrollar sin exponer fondos públicos.
- * Si un proyecto no puede alcanzar estos objetivos básicos - consistentes con una industria minera aceptable, social y ambientalmente - éste no debe ser autorizado.

Canadá (Ontario)

Según la sección segunda de la Ley Minera de Ontario, los objetivos son: minimizar el impacto de las actividades mineras en la salud y seguridad públicas y en el medio ambiente, a través de la rehabilitación del suelo alterado por la minería.

Estados Unidos

Los objetivos del programa de rehabilitación de minas de Colorado y de su legislación específica sobre materiales de construcción, son fomentar el desarrollo de la industria minera y rehabilitar las tierras afectadas por las actividades mineras para que puedan tener un uso beneficioso para los ciudadanos del estado.

En esencia, esta regulación determina que la elección sobre el uso del terreno después del cierre, corresponde al propietario del mismo y no está sujeta a la decisión del gobierno, con la excepción de que la tierra esté sujeta a demarcación, planificación u otras regulaciones sobre uso del suelo. En términos de cierre de minas, al gobierno le interesa sólo que el plan propuesto, permita técnicamente alcanzar el uso definitivo indicado por el operador y/o dueño de la superficie.

Otros objetivos mencionados en la legislación son: prevenir la degradación innecesaria del medio ambiente, restablecer la vegetación y estabilizar los suelos, minimizar los efectos visuales de la etapa posterior al cierre, proteger la salud y seguridad pública, lograr un ecosistema autosustentable a continuación del cierre y asegurar que las minas no representan una amenaza para la calidad de las aguas.

La Ley Nacional de Minería Superficial, aplicable a las minas de carbón, contiene una larga lista de estándares de desempeño generales, los que incluyen la restauración de la tierra donde se realiza la actividad minera, condiciones capaces de soportar usos pre-mineros o usos alternativos aceptables y superiores, restauración de los niveles aceptables del suelo, estabilización de las áreas superficiales para controlar la contaminación del agua y suelo, minimización de los efectos de la minería en el balance hidrológico y en la cantidad y calidad del agua superficial y subterránea y protección de las áreas que no estén comprendidas en el área minera, de posibles derrumbes y daños. Los distintos objetivos de la normativa de cierre de minas o leyes de rehabilitación, reflejan las distintas experiencias locales y las diversas expectativas para estos programas de cierre.

Perú

La guía peruana señala la protección de la salud humana y del medio ambiente en la actividad minera y en la fase de abandono de la misma se debe considerar el mantenimiento del medio para una estabilidad física y química con el fin de darle un uso benéfico a la tierra después que concluyan las operaciones de extracción por ejemplo, hábitat para la fauna silvestre, campos de pastoreo, recreación, etc.

Sudáfrica

En Sudáfrica, se establecen una serie de objetivos para el programa de cierre de minas con el fin de asegurar lo siguiente:

- * La salud y seguridad de las personas y animales deben protegerse de los peligros resultantes de actividades mineras.
- * El daño medio ambiental o los impactos ambientales residuales, deben minimizarse hasta un nivel aceptable para todas las partes involucradas.
- * La tierra debe rehabilitarse, hasta donde sea posible, a su estado natural o a un estado predeterminado y acordado según estándares que permitan un uso sustentable del suelo.
- * La estabilidad física y química de las estructuras resultantes, debe ser tal, de modo que los riesgos al medio ambiente no aumenten por la ocurrencia de fenómenos naturales, hasta el límite de que ese aumento del riesgo no pueda contenerse con las medidas instaladas.
- * La explotación óptima y la utilización de los recursos naturales no se afecten negativamente.
- * Las minas sean cerradas en forma eficiente y al más bajo costo posible.
- * Las minas no deben ser abandonadas, sino cerradas de acuerdo con estas políticas

Actualmente la minería es una actividad que está regulada por normatividad. Se maneja un desarrollo sustentable para asegurar que esta industria mantenga los estándares de calidad en el medio ambiente. Se han desarrollado diversas prácticas a nivel nacional e internacional. En el ANEXO C se describen los principales las prácticas de gestión y planes de cierre para la minería en diversos países con el objetivo de realizar un crecimiento sustentable.

La normatividad en México tiene como base la legislación correspondiente a países con alto desarrollo minero como Canadá y Australia, ambos países, implementan nuevas técnicas de control de impactos para mejorar la calidad ambiental. Para la ejecución de un proyecto minero se tienen que hacer planes de manejo así como la integración del costo - beneficio del futuro cierre de la mina mas una rigurosa normatividad para impedir mayor afectación al ambiente.

Con respecto a Peña Colorada se ha mantenido en un margen para implantar las mejores técnicas de control ya que está certificada con la ISO 14001 que trabaja mediante planes de gestión ambiental y de esta manera realiza una concientización de la mejora del impacto ambiental mediante programas y actividades para mejorar la calidad de vida y del ambiente.

8. Conclusiones

La industria minera es una actividad esencial para el desarrollo económico del país, el número de proyectos mineros que están en desarrollo indican que hay un crecimiento importante para la exploración y extracción de yacimientos en todo el territorio mexicano. Este crecimiento ha enfocado a la minería como un sector estratégico para el aumento de producción de minerales ofreciendo competitividad y mejores oportunidades para las empresas mineras nacionales y extranjeras.

Es necesario aclarar que este crecimiento constante de la actividad minera implica el manejo y/o el uso de nuevas técnicas junto con la normatividad correspondiente para tratar de reducir los impactos generados al medio ambiente, que como se ha mencionado, genera alteraciones en los tres componentes ambientales que son el medio físico, biológico y socioeconómico. Como parte esencial de la elaboración de este trabajo, se logró realizar un análisis multitemporal para determinar la magnitud del Impacto Ambiental que es generado en un proyecto minero y que está actualmente en la fase de operación. Para la evaluación ambiental, se consideraron los métodos usuales que se aplican en un proyecto de evaluación de impacto y también, se utilizaron nuevas tecnologías para realizar una estimación de orden cronológico de la calidad ambiental en el año de 1956 y la calidad que hay en la zona de estudio en el 2010 con el fin de poder observar los tipos de cambios que suceden realmente en la actividad minera y realizar un juicio de carácter neutral para no sobrevalorar en cada uno de los elementos ambientales.

Considerando los objetivos específicos, primero fue necesario el conocimiento de las principales etapas que se realizan en un proyecto minero a cielo abierto (exploración, planeación, desarrollo, operación, cierre, etc.). Se consideró toda la información disponible de las características relevantes del área seleccionada así como la realización de una estancia en la mina, para filtrar la información relevante del área de estudio para el análisis. Para la etapa de evaluación, también se identificaron y se describieron los principales impactos generados en una actividad minera a cielo abierto, así, como la evaluación de las mismas empleando las técnicas conocidas. Para este proyecto minero se utilizaron listados, matrices, sobreposición de mapas y el método de Batelle-Columbus; además, se manejaron fotografías aéreas e imágenes satelitales para la determinación de la calidad ambiental en diversos años en la zona del proyecto minero.

Por otra parte, se realizó una revisión de la normatividad minera vigente junto con las medidas mitigación propuestas y realizadas a este tipo de proyectos para considerarlas en el caso estudio y evaluar si la empresa minera cumplió con los requisitos y las medidas de mitigación propuestas hasta ahora en el área de estudio. Se observaron las principales medidas de mitigación relevantes a nivel nacional e internacional a través de la consulta de información.

Como resultado del análisis multitemporal se obtuvo una calificación para el periodo de estudio seleccionado, donde el año de 1956 es el año cero o sin proyecto, mientras que el año 1971 es el inicio de la actividad minera y para los años de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 se consideran para la fase de operación, durante esta evaluación se aprecia que la calidad tiene un impacto negativo considerable durante los primeros años del proyecto minero que abarcan las fases de desarrollo (construcción) y de operación. A continuación se observó que la calidad ambiental en los últimos años presenta una tendencia conservando una calidad con cierta variación pero sin ser significativa; esto se refiere a que las medidas de mitigación realizadas por parte de la empresa han mejorado la calidad ambiental de algunos elementos ambientales.

En términos de calificación (considerando 1000 Unidades de Impacto Ambiental como la condición optima o sin impacto) para el año de 1956 y 1971 se presenta una calidad de 927.78 UIA indicando que el medio está siendo afectado por otras actividades que en este caso es la agricultura. En 1985 se tiene una calificación de 784.78 UIA con una variación de 142.29 UIA. Para el año de 1990 se considera una calidad 806.76 UIA indicando una mejoría en el medio físico, sin embargo esta calidad disminuye para 1995 mostrando una tendencia negativa valor de 748.32 UIA pero esta calidad muestra una recuperación para el año 2000 con 785.18 UIA. Este comportamiento se repite para el 2005 con un descenso con valor de 752.21 UIA y en el 2010 tiene valor de 772.80 UIA. De esta manera, se considera un Impacto Ambiental neto de 154.27 UIA para el periodo 1965 – 2010.

La variación de las calificación de calidad obtenidas anteriormente indican que los elementos más alterados en su calidad son el factor Tierra-Suelo y Calidad del Agua superficial del Medio Físico, seguido por la Vegetación natural terrestre del Medio Biológico los cuales son los más afectados en el proyecto minero. El Medio Socioeconómico indica una mejoría en la calidad en cuestión de crecimiento en Infraestructura y Economía.

La principal desventaja en el desarrollo de esta metodología fue en la recolección de información para definir los posibles elementos ambientales que son afectados por la actividad minera, ya que es necesario tener información de cada elemento para cada año seleccionado en el análisis multitemporal, tal es el caso de la posible contaminación del suelo por hidrocarburos o la calidad del acuífero, porque no se cuenta con la información para todos los años escogidos lo cual implica una calificación de calidad diferente a la calculada llevando cierto margen de error.

Por eso se recomienda que para futuros estudios tanto para fines académicos e inclusive para la misma empresa como una forma ideal para el peritaje de control de calidad, realizar muestreos periódicamente de cada elemento que puede ser afectado por la actividad minera. Para el caso estudio los componente Tierra- suelo e Hidrología (ríos y acuíferos) son los más afectados, se recomienda definir un sitio de muestro para todos los años seleccionados y de esta manera conocer el impacto real que causa el proyecto, también, esta recomendación permite detectar de manera oportuna algún cambio significativo en cada elemento y considerar si las medidas de mitigación establecidas en la fase de planeación son las

correctas o que procedimientos deben realizarse para mantener una calidad aceptable para que en la etapa de cierre y post-operación la alteración de la calidad al ambiente sea el mínimo después de realizar la actividad minera.

La disminución de la calidad ambiental en Peña Colorada es significativa porque para el año de 1970 no se tenían los conocimientos correspondientes a estudios de impacto, normatividad y conciencia ambiental. A través de los años la empresa ha tomado las medidas correspondientes para cumplir con la actual legislación minera que con el tiempo ha generado mejoras en la calidad ambiental de la zona. Actualmente está certificada con la ISO 14001 que trabaja mediante planes de gestión ambiental con el fin de realizar una concientización con programas y actividades para mejorar la calidad de vida y del ambiente.

ANEXO A

Resultados de la metodología aplicada al caso estudio

Con el fin de determinar las UIP en el capítulo 6 se considero la adaptación del método de pares jerarquizados y el Sistema de Evaluación Ambiental Batelle - Columbus (SEAB). De acuerdo al análisis realizado en el inciso 6.4.1. se realizaron tres jerarquizaciones o ponderaciones para cada uno de los elementos del árbol de factores ambientales (categoría, componente y factores ambientales) establecidos previamente en el estudio. Se considero asignar 1000 unidades de importancia en total con el objetivo de visualizar y destacar los elementos que son importantes dentro del árbol de factores y que son afectados por la actividad.

La técnica de de comparación de pares jerarquizados consiste básicamente en una serie de comparaciones entre dos factores de decisión realizándose una tabulación sistemática, en la decisión de la ponderación se asigna un 1 al elemento (factor, componente, etc.) más importante y un 0 al otro elemento que para esa comparación es de menor importancia, en caso, de que ambos elementos sean importantes se designara un valor de 0.5 a cada uno y se continua la comparación respecto a los demás factores. Para este apartado se desarrolló una jerarquización para cada uno de los elementos ambientales que son las categorías, los componentes y por últimos los factores ambientales.

Como resultado de la comparación entre los diferentes elementos del árbol de factores, se estimaron las UIP para las categorías (Cuadro A.1), los componentes (Cuadro A.2 y Cuadro A.3) y por último los factores ambientales (Cuadro A.4).

Cuadro A. 1. Resultados de la técnica de comparación por pares no jerarquizados para el elemento medio

Elemento (Categoría)	Asignación Jerárquica					Total	En/Total	UIP
E1- Medio físico	1	1	1			3	0.500	500
E2- Medio biológico	0			1	1	2	0.333	333
E3- Medio socioeconómico		0		0		1	0.167	167
E4- Elemento Nulo			0		0	0	0	0
Total	1	1	1	1	1	6	1	1000

La otra parte del estudio consideró el uso del Sistema de Evaluación Ambiental Battelle – Columbus (SEAB) para realizar otra distribución de las UIP en todos los elementos (categorías, componentes y factores ambientales).

De acuerdo al método SEAB, la distribución de UIP se determina en 10 etapas de los cuales en el caso estudio se consideraron 7, esto es a que no se cuenta con un grupo para validar los resultados en cada una de las áreas para y ponderar las UIP. A continuación, se explica de manera breve el procedimiento para las categorías del árbol de acciones, parte del desarrollo se ejemplifica en el siguiente apartado destacando las principales etapas.

⇒ ETAPA 1: Identificación de los todos los elementos en el estudio (3 categorías 8 componentes y 19 factores ambientales).

Cuadro A. 5 Identificación de los elementos en el árbol de factores ambientales

Categoría	Componente	Factor
A) Medio físico	a) Tierra- Suelo	1) Relieve y carácter topográfico
		2) Erosión
	b) Agua	3) Calidad del agua superficial
		4) Recarga acuífero
	c) Clima	5) Régimen térmico
		6) Precipitación
B) Medio biológico	d) Flora	7) Vegetación natural terrestre
	e) Fauna	8) Especies en peligro de extinción
		9) Especies en peligro de extinción
C) Medio socioeconómico	f) Población	10) Distribución y densidad de habitantes
		11) Distribución del tipo de uso de suelo
		12) Migración
	g) Infraestructura	13) Vivienda
		14) Salud
		15) Seguridad
		16) Vialidades
	h) Economía	17) Generación de residuos
		18) Generación de empleo
		19) Economía regional

⇒ ETAPA 2: Se realiza una jerarquización para cada uno de los elementos, en este caso se considera que el elemento más importante de las tres categorías (A, B, C) es A (Medio Físico) por ser el elemento más afectado al inicio de la actividad minera, el elemento B (Biológico) se considera como el elemento más importante después de A y por último el elemento C (Socioeconómico).

⇒ ETAPA 3 – 4: Se asignaron pesos basados en criterios técnicos donde el elemento más importante se asigna un valor de 1, después, mediante comparaciones de importancia se asigna un valor menor de la importancia anterior, para este caso la importancia del elemento A fue de 1 y B igual a 0.5 y por ultimo C con un valor de 0.25.

$$A = 1$$

B = 0.5 de la importancia de A

C = 0.25 de la importancia de B

⇒ ETAPA 5: Se multiplicaron los porcentajes y para expresarlos respecto a un denominador común.

$$\begin{array}{r} A = 1 \\ B = 0.5 \\ \underline{C = 0.25} \\ \Sigma = 1.75 \end{array}$$

$$A = \frac{1}{1.75} = 0.57 \quad B = \frac{0.5}{1.75} = 0.29 \quad C = \frac{0.25}{1.75} = 0.14$$

$$0.57 + 0.29 + 0.14 = 1$$

⇒ ETAPA 6: Los valores se ajustaron de acuerdo al número de componentes de cada categoría (Acuífero, Vialidades, Economía regional, etc.) que para este caso son 3 (33%) en el componente A, 2 (50%) en el B y 3 (33%) componentes en el elemento C.

$$\begin{array}{r} A = 0.57(0.33) = 0.190 \\ B = 0.29(0.50) = 0.142 \\ \underline{C = 0.14(0.33) = 0.047} \\ \Sigma = 0.38 \end{array}$$

Utilizando el nuevo total, los valores de los componentes quedan:

$$A = \frac{0.190}{0.38} = 0.5 \quad B = \frac{0.142}{0.38} = 0.375 \quad C = \frac{0.047}{0.38} = 0.124$$

$$0.5 + 0.375 + 0.124 = 1$$

⇒ ETAPA 7: Por último se multiplicaron los valores ajustados por las UIP seleccionada que en este caso son 1000 unidades para las tres categorías.

$$\begin{array}{r} A = 1000(0.5) = 500 \\ B = 1000(0.375) = 375 \\ C = 1000(0.124) = 124.99 \end{array}$$

⇒ ETAPA 8 – 10: Este proceso se desarrolla para los componentes y factores del medio físico, biológico y socioeconómico. El Cuadro A.6 muestra los resultados de los todos los componentes para cada uno de los medios (físico, biológico, socioeconómico) para este caso se considero una asignación de peso de 0.125 entre cada comparación (ETAPA 3). En el caso de los factores ambientales se le dio una diferencia de 0.053 entre cada comparación con el objetivo de una distribución uniforme en la asignación del peso a su vez de que se omite la PARTE 6 debido a que no hay más elementos de los factores ambientales los resultados se muestran en el Cuadro A.7.

Cuadro A. 6 Asignación de UIP con el método SEAB para componentes ambientales

COMPONENTES	ETAPA 3-4		ETAPA 5		ETAPA 6		ETAPA 7	
	Asignación de pesos		Denominador común		Acomodo por factores		Denominador	
Tierra - Suelo	1	0.500	0.167	0.500	250.00	500.00		
Agua	0.875	0.438	0.146	0.438	218.75			
Atmosfera	0.125	0.063	0.021	0.062	31.25			
Total	2	1	0.333	1				
Flora	0.75	0.6	0.400	0.75	281.25	375.00		
Fauna	0.5	0.4	0.133	0.25	93.75			
Total	1.25	1	0.533	1				
Población	0.375	0.3	0.090	0.281	35.16	125.00		
Infraestructura	0.25	0.2	0.080	0.250	31.25			
Economía	0.625	0.5	0.150	0.469	58.59			
Total	1.25	1	0.320	1				
						1000.00		

Cuadro A. 7 Asignación de UIP con el método SEAB para los factores ambientales

FACTORES	ETAPA 3-4		ETAPA 5		ETAPA 7	
	Asignación de pesos		Denominador común		UIP	
Relieve y carácter topográfico	1	0.594	148.44	250.00	500.00	
Erosión	0.684	0.406	101.56			
Total	1.684	1				
Calidad del agua superficial	0.947	0.692	151.44	218.75		
Recarga acuífero	0.421	0.308	67.31			
Total	1.368	1				
Régimen térmico	0.105	0.667	20.83	31.25		
Precipitación	0.053	0.333	10.42			
Total	0.158	1				
Vegetación natural terrestre	0.789	0.556	156.25	281.25	375.00	
Especies en peligro de extinción	0.632	0.444	125.00			
Total	1.421	1	281.25			
Especies en peligro de extinción	0.579	1	93.75	93.75		
Total	0.579	1				
Especies en peligro de extinción	0.474	0.300	10.55	35.16	125.00	
Distribución del tipo de uso de suelo	0.895	0.567	19.92			
Migración	0.211	0.133	4.69			
Total	1.579	1				
Vivienda	0.158	0.081	2.53	31.25		
Salud	0.316	0.162	5.07			
Seguridad	0.263	0.135	4.22			
Vialidades	0.368	0.189	5.91			
Generación de residuos	0.842	0.432	13.51			
Total	1.947	1				
Generación de empleo	0.526	0.417	24.41	58.59		
Economía regional	0.737	0.583	34.18			
Total	1.263	1				
						1000.00

De los resultados obtenidos para cada uno de los elementos (medio, componente y factores) por el método de jerarquización de pares y por SEAB, se aplicó el método Delphi modificado aplicado e usualmente en

el método SEAB para considerar todos los factores sistemáticamente de acuerdo a los criterios preseleccionados y realizar un ajuste a cada uno de los elementos evaluados (Cuadros A.8, A.9 y A.10).

Cuadro A. 8 Ajuste de ponderación de UIP del método de jerarquización de pares y SEAB para los factores ambientales

FACTORES	PARES JERARQUIZADOS	SEAB	TOTAL	DENOMINADOR	UIP	
Relieve y carácter topográfico	74.1	134.77	208.84	0.104	104.42	183.60
Erosión	66.1	92.21	158.35	0.079	79.17	
Calidad	89.9	137.50	227.44	0.114	113.72	166.76
Acuífero	45.0	61.11	106.08	0.053	53.04	
Régimen térmico	5.3	18.91	24.21	0.012	12.10	22.12
Precipitación	10.6	9.46	20.04	0.010	10.02	
Porcentaje de suelo removido	68.8	134.44	203.22	0.102	101.61	192.43
Peligro de extinción o endémicas (flora)	74.1	107.55	181.63	0.091	90.81	
Peligro de extinción o endémicas (fauna)	74.1	80.66	154.74	0.077	77.37	77.37
Distribución y densidad de habitantes	45.0	18.85	63.82	0.032	31.91	113.42
Uso de suelo	87.3	35.60	122.90	0.061	61.45	
Migración	31.7	8.38	40.12	0.020	20.06	129.77
Vivienda	26.5	4.53	30.98	0.015	15.49	
Salud	26.5	9.06	35.51	0.018	17.76	114.52
Seguridad	15.9	7.55	23.42	0.012	11.71	
Vialidades	37.0	10.57	47.60	0.024	23.80	357.72
Generación de residuos	97.9	24.15	122.03	0.061	61.02	
Generación de empleo	55.6	43.63	99.18	0.050	49.59	114.52
Economía regional	68.8	61.08	129.86	0.065	64.93	
TOTAL	1000	1000.00	2000	1	1000	

Cuadro A. 9 Ajuste de ponderación de UIP del método de jerarquización de pares y SEAB para los componentes ambientales

COMPONENTES	PARES JERARQUIZADOS	SEAB	TOTAL	DENOMINADOR	UIP	
Tierra - Suelo	208.3	230.27	438.60	0.219	219.30	466.38
Agua	208.3	201.49	409.82	0.205	204.91	
Atmosfera	55.6	28.78	84.34	0.042	42.17	317.85
Flora	152.8	247.60	400.38	0.200	200.19	
Fauna	152.8	82.53	235.31	0.118	117.66	215.77
Población	83.3	58.87	142.21	0.071	71.10	
Infraestructura	27.8	52.33	80.11	0.040	40.05	114.52
Economía	111.1	98.12	209.23	0.105	104.62	
TOTAL	1000	1000	2000	1	1000.00	

Cuadro A. 10 Ajuste de ponderación de UIP del método de jerarquización de pares y SEAB para las categorías ambientales

CATEGORÍAS	PARES JERARQUIZADOS	SEAB	TOTAL	DENOMINADOR	UIP
Medio Físico	500	500	1000	0.500	500.00
Medio Biológico	333.33	375.00	708.33	0.354	354.17
Medio Socioeconómico	166.67	124.99	291.66	0.146	145.83
TOTAL	1000	1000	2000	1	1000

Con los resultados obtenidos para cada elemento (categoría, componente y factores) se realizó un último ajuste para distribuir las UIP definitivas de acuerdo a lo mostrado en el Cuadro A.11.

Cuadro A. 11 Ajuste definitivo de las UIP para el caso estudio

ELEMENTO	CATEGORÍA	COMPONENTES	FACTORES	TOTAL	DENOMINADOR	UIP
Medio Físico	500.00	466.38	395.50	1361.88	0.454	453.96
Medio Biótico	354.17	317.85	295.97	967.98	0.323	322.65
Medio Socioeconómico	145.83	215.77	308.53	670.14	0.223	223.37
TOTAL	1000	1000	1000	3000	1	1000

Con las UIP definitivas se utilizó nuevamente el método SEAB para la repartición final a cada elemento del árbol de factores ambientales (Cuadro A.12).

Cuadro A. 12 Distribución final de factores ambientales

Categoría	UIP	Componentes	UIP	Factores	UIP
A) Medio físico	453.96	A.1. Tierra - Suelo	226.98	A.1.1. Relieve y carácter topográfico	134.77
				A.1.2. Erosión	92.21
		A.2. Agua	198.61	A.2.1. Calidad del agua superficial	137.50
				A.2.2. Recarga acuífero	61.11
		A.3. Clima	28.37	A.3.1. Régimen térmico	18.91
				A.3.2. Precipitación	9.46
B) Medio biológico	322.66	B.1. Flora	241.99	B.1.1. Vegetación natural terrestre	134.44
				B.1.2. Especies en peligro de extinción	107.55
		B.2. Fauna	80.66	B.2.1. Especies en peligro de extinción	80.66
C) Factores socioeconómico	223.38	C.1. Población	62.83	C.1.1. Distribución y densidad de habitantes	18.85
				C.1.2. Distribución del tipo de uso de suelo	35.60
				C.1.3. Migración	8.38
		C.2. Infraestructura	55.84	C.2.1. Vivienda	4.53
				C.2.2. Salud	9.06
				C.2.3. Seguridad	7.55
				C.2.4. Vialidades	10.57
				C.2.5. Generación de residuos	24.15
		C.3. Economía	104.71	C.3.1. Generación de empleo	43.63
C.3.2. Economía regional	61.08				

ANEXO B

Índice de Calidad del Agua (ICA)

Con el fin de evaluar la calidad o grado de contaminación del agua se han desarrollado diversos índices de calidad tanto generales como de uso específico. En México se emplea el llamado Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa de manera ponderada a algunos parámetros del deterioro de la calidad del líquido (León, 1991). El índice toma valores en una escala de 0 a 100, indicando el grado de contaminación; así, el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de índice cercano a 100 (SARH 1979). El ICA se calcula a partir de una ponderación de 18 parámetros físico - químicos.

Cuadro B. 13 Parámetros usados para determinar el ICA

Alcalinidad (ALC)
Cloruros (CLO)
Coliformes fecales (COF)
Coliformes totales (COT)
Color (COL)
Conductividad eléctrica (CON)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BDO ₅)
Detergentes (SAAM)
Dureza (DUR)
Fosfatos (P04)
Grasas y aceites (GyA)
Nitratos (NO ₃)
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)
Oxígeno Disuelto (OD)
Potencial de hidrogeno (pH)
Sólidos disueltos (SDT)
Sólidos suspendidos (SST)
Turbiedad (TUR)

Los parámetros se consideraron por ser relativamente fáciles de coleccionar y analizar y por lo tanto de monitorear periódicamente. Este índice de calidad de agua tiene como características que el valor del grado de contaminación determina el uso a que puede destinarse el agua de la cuenca hidrológica en estudio.

Fórmula del ICA

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde:

- ICA = Índice de calidad del agua global
 I_i = Índice de calidad para el parámetro i
 W_i = Valor de la importancia relativa del parámetro i
 n = Número total de parámetros

Para el cálculo del ICA se obtienen los índices de calidad de los parámetros a analizar (Cuadro B.2). Cada parámetro tiene una importancia relativa o peso ponderando reportado en el Cuadro B.3; posteriormente se calcula el índice general de calidad del agua y se compara con el Cuadro B.4 para obtener la calificación del agua en función del ICA.

Cuadro B. 14 Índice de Calidad individual para cada parámetro

Parámetro	Índice de calidad individual	Unidades	Observaciones
pH	$I_{pH} = 10^{0.2335 \cdot pH + 0.44}$		pH < 6.7
	$I_{pH} = 100$		6.7 < pH < 7.3
	$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293 \cdot pH}$		pH > 7.3
Color	$I_C = 123 \cdot C^{-0.295}$	Unidades platino	
Turbiedad	$I_T = 108 \cdot T^{-0.178}$	UTJ	
Grasas y Aceites	$I_{GyA} = 87.25 \cdot GyA^{-0.298}$	mg/l	
Sólidos Suspendidos	$I_{SS} = 266.5 \cdot SS^{-0.37}$	mg/l	
Sólidos Disueltos	$I_{SD} = 109.1 - 0.0175 \cdot SD$	mg/l	
Conductividad Eléctrica	$I_{CE} = 540 \cdot CE^{-0.379}$	µmhos/cm	
Alcalinidad	$I_A = 105 \cdot A^{-0.186}$	mg/l	
Dureza Total	$I_D = 10^{1.974 - 0.00174 \cdot D}$	mg/l	
Nitratos	$I_{NO_3} = 162.2 \cdot NO_3^{-0.343}$	mg/l	
Nitrógeno Amoniacal	$I_{NH_3} = 45.8 \cdot NH_3^{-0.343}$	mg/l	
Fosfatos Totales	$I_{PO_4} = 34.215 \cdot PO_4^{-0.46}$	mg/l	
Cloruros	$I_{CL} = 121 \cdot CL^{-0.233}$	mg/l	
Oxígeno Disuelto	$I_{OD} = 100 \cdot \frac{OD}{OD_{sat}}$		OD=oxígeno disuelto [mg/l] OD _{sat} = oxígeno disuelto de saturación [mg/l]
Demanda Bioquímica de Oxígeno	$I_{DBO} = 120 \cdot DBO^{-0.673}$	mg/l	
Coliformes Totales	$I_{CT} = 97.5 \cdot CT^{-0.27}$	NMP/100 ml	
Coliformes Fecales	$I_{CF} = 97.5 \cdot (5 \cdot CF)^{-0.27}$	NMP/100 ml	
Detergentes (SAAM)	$I_{SAAM} = 100 - 16.678 \cdot SAAM + 0.1587 \cdot SAAM^2$	mg/l	

Fuente: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

Cuadro B. 15 Importancia relativa o peso ponderado de cada parámetro

Parámetro	Peso (W_i)	Parámetro	Peso (W_i)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	5.0	Nitrógeno en nitratos (NO ₃)	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales (PO ₄)	2.0	Cloruros (Cl)	0.5
Grasas y aceites	2.0	Sólidos disueltos	0.5
Nitrógeno amoniacal (NH ₃)	2.0	Turbiedad	0.5

Fuente: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

Cuadro B. 16 Calificación del Agua en función del ICA

ICA		USOS DEL AGUA						
Valor	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación General	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola	Navegación	Transporte Desechos Tratados	
100	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación	Aceptable	Aceptable	
90		Ligera purificación			Ligera purificación			
80	Aceptable							
70	Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para la industria			
60				Dudoso para especies sensibles				
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para el contacto directo	Solo Organismos muy resistentes	Con tratamiento en la mayor parte de la industria			
40								Sin contacto con el agua
30	Altamente Contaminado	Inaceptable	Uso muy restringido	Inaceptable	Uso muy restringido			Restringido
20								
10			Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable			Inaceptable
0							Inaceptable	

Nota: Los intervalos de las categorías del ICA son: 0-29, Altamente contaminado; 30-49, Contaminado; 50-69, Poco contaminado; 70-84, Aceptable; 85-100, No contaminado. La escala actual incluye diferencias tanto en algunos intervalos como en las denominaciones de algunas categorías respecto de las que se publicaron en la edición anterior de esta obra, lo cual obedece a que se busca tanto describir técnicamente de mejor manera lo que en la naturaleza ocurre, como lograr una mejor interpretación de la calidad del agua en el ámbito nacional.

Fuente: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

Criterios de cálculo para el Índice de Calidad del Agua (ICA)

La aplicación de las ecuaciones para el cálculo del ICA por parámetro a los datos de calidad del agua puede generar valores del ICA mayores a 100, por lo que es necesario tomar en cuenta ciertos criterios de cálculo en la metodología, basados en el comportamiento matemático de las ecuaciones.

El cálculo del ICA se realizará con los parámetros con que cuente la estación de monitoreo, en caso de que no existan los 18 parámetros.

1. **Potencial de hidrógeno.** Para valores de pH menores a 6.7 se usará la ecuación $I_{pH} = 10 \cdot 0.2335 \text{ pH} + 0.44$; en el caso de que el pH sea mayor o igual a 6.7 y menor que 7.58 se aplicará la ecuación $I_{pH} = 100$. Cuando el pH sea mayor o igual a 7.58 se usará la ecuación $I_{pH} = 10 \cdot 4.22 - 0.293 \text{ pH}$.
2. **Color.** Los datos de las concentraciones de color que se utilizarán en el cálculo serán de color verdadero. Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100.
3. **Turbiedad.** Para concentraciones menores a 1.54 UTJ se asignará un valor de ICA de 100.
4. **Grasas y aceites.** Cuando se tienen datos menores de 0.633 mg/l, se debe asignar un valor de ICA de 100.
5. **Sólidos suspendidos.** Para concentraciones menores de 14.144 mg/l se asigna un valor de ICA de 100.
6. **Sólidos disueltos.** Para concentraciones menores a 520 mg/l se asigna un valor de ICA de 100, y para concentraciones mayores a 6234 mg/l se asigna un valor de cero.
7. **Conductividad eléctrica.** Cuando se tienen concentraciones menores a 85.60 $\mu\text{mhos/cm}$, se debe asignar un ICA de 100.
8. **Alcalinidad.** Para concentraciones menores de 1.3 se asigna un ICA de 100.
9. **Dureza total.** Para concentraciones mayores a 2500 mg/l se asignará un ICA de cero.
10. **Nitrógeno de nitratos.** Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores a 4.097 mg/l.
11. **Nitrógeno amoniacal.** Para concentraciones menores de 0.11 mg/l se asigna un ICA de 100.
12. **Fosfatos totales.** Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/l.
13. **Cloruros.** Para concentraciones menores a 2.351 se asignará un ICA de 100.
14. **Oxígeno disuelto.** El oxígeno se disuelve en el agua por el contacto del aire con la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. A la temperatura de 0°C el punto de saturación del oxígeno disuelto es de 14.6 ppm. Esta concentración disminuye al aumentar la temperatura del agua, de manera que a 15°C la concentración de saturación del oxígeno disuelto es de 10 ppm. Es por este motivo que, cuando no se cuente con el dato de la temperatura ambiente, no se podrá realizar el cálculo del oxígeno disuelto y se considerará inexistente. Para calcular la concentración de OD en equilibrio con aire saturado en agua, se usará la ecuación :

$$I_{(OD)} = -139.34411 + \left[1.575701 \frac{10^5}{T} \right] - \left[6.642308 \frac{10^7}{T^2} \right] + \left[1.2438 \frac{10^{10}}{T^3} \right] - \left[8.621949 \frac{10^{10}}{T^4} \right]$$

donde la temperatura T está en grados Kelvin ($T = 273.15 + T_{\text{ambiente}}$). Posteriormente con la ecuación $I_{OD} = \frac{OD}{OD_{\text{sat}}} \times 100$ se calcula el índice del OD.

15. **Demanda bioquímica de oxígeno.** Se asigna un ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/l.
16. **Coliformes totales.** Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
17. **Coliformes fecales.** Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100.
18. **SAAM.** Se asigna un valor de ICA de cero cuando se tengan concentraciones mayores de 6.384 mg/l.

ANEXO C

Medidas de mitigación en otros países (buenas prácticas)

Internacionalmente, las buenas prácticas pueden encontrarse en todos los procesos del sector industrial y minero, siendo posible diferenciarlas según el nivel de inversión realizado. Las buenas prácticas con bajo nivel de inversión generalmente se encuentran relacionadas a la capacitación de los trabajadores, generación de manuales, o pequeños cambios en la planta no relacionados con la faena misma (iluminación, revisión de sellos, aislamiento, etc.), mientras que las buenas prácticas con alto nivel de inversión se relacionan con cambios mayores en el proceso productivo, lo que incluye un cambio tecnológico mayor, reemplazo de combustibles, mejoras en sistemas de control, etc. Generalmente, este tipo de medidas vienen generalmente ligadas a una evaluación energética, realizada por la misma empresa o bien por un auditor externo en eficiencia energética.

En el presente trabajo se describen las prácticas y avances que se han tenido en distintos países como Chile, Colombia, España, Perú, Canadá, Australia y Estados Unidos, para el establecimiento de prácticas para resolver los posibles problemas ambientales que ocurren durante el desarrollo del proyecto minero. Estas recomendaciones se derivan de reglamentos, normas y políticas ambientales, también se consideran recomendaciones publicadas por diversas organizaciones o de la misma empresa que en conjunto son aplicables en todas las etapas del proyecto minero.

El objetivo de un proyecto sustentable es identificar y promover prácticas para fomentar la mejora de la calidad ambiental en las instalaciones mineras y en cada etapa del proyecto minero mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental que se apliquen durante todo el ciclo de vida de la mina.

A) Gestión ambiental

Para futuros proyectos mineros es necesario contar con instrumentos de gestión ambiental que pueden definirse como el conjunto organizado de actividades, acciones, procesos y/o procedimientos que van más allá de los requisitos legales con el fin de garantizar que el impacto generado sea el mínimo. La aplicación de estos instrumentos permite visualizar una perspectiva global de los aspectos ambientales para facilitar una mejoría continua en el comportamiento del ambiente causado por las explotaciones mineras. Estos instrumentos se indican de manera en los Cuadros C.1 a C.15.

Cuadro C. 1 Instrumentos de calidad ambiental

Instrumentos	Declaración de Política Ambiental
Definición	Conjunto de objetivos y principios fundamentales que resumen los compromisos de la empresa. Una declaración de política ambiental puede proporcionar una visión unificada de los principios y de las actividades empresariales para proporcionar una base y enfoque de las buenas prácticas a los planes ambientales.
Características	<p>Cada empresa debe desarrollar e implementar una declaración de política ambiental que incluya el compromiso de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Continuar con las mejoras de las medidas de protección. ▪ Prácticas de prevención de contaminación y cuando no es posible, considerar métodos de remediación. ▪ Cumplir con la legislación y reglamentación correspondiente y considerar otras políticas ambientales asociadas a la industria. ▪ Disponer la información al sector público e integrantes y empleados de la mina.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 2 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Evaluación Ambiental
Definición	Se utiliza para predecir, analizar e interpretar los efectos de un proyecto sobre el ambiente, así como la identificación de las medidas que se pueden utilizar para evitar o mitigar sus impactos.
Características	Permite integrar sistemáticamente un circuito de retroalimentación, por lo que es posible aprovechar la experiencia para mejorar continuamente en el proceso e informar a futuras aplicaciones.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 3 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Estudios de línea base
Definición	Permite establecer las condiciones ambientales originales de un sitio antes de iniciar el proyecto
Características	<p>La calidad del agua, los ecosistemas acuáticos, la calidad del aire, calidad del suelo, los ecosistemas terrestres, aguas subterráneas y otros datos ambientales forman parte de los estudios de línea de base que se realizan antes de la actividad.</p> <p>La obtención de la información obtenida en campo antes del proyecto permite comparar con los datos obtenidos durante la ejecución del mismo. Los datos obtenidos en campo y analizados permiten identificar tendencias a largo plazo, el cambio periódico y las fluctuaciones en los tipos de impactos generados por el proyecto.</p>

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 4 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Gestión del Riesgo Ambiental
Definición	Implica la identificación y aplicación de medidas de control para reducir o eliminar los riesgos que pueden originarse en el proyecto.
Características	En este documento se describe la gestión de riesgo ambiental como un proceso iterativo que comprende: la aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas para la identificación de los peligros; la identificación de las consecuencias de dichos riesgos; estimación de los niveles de riesgo, ya sea cuantitativa o cualitativamente; evaluar los niveles de riesgo con los criterios y objetivos pertinentes, toma de decisiones.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 5 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)
Definición	El SGA proporciona un enfoque estructurado para cumplir con la política ambiental de la mina a través de un sistema de planificación en curso, implementación, control, medidas correctivas y revisión. Este proceso de retroalimentación promueve la mejora continua para alcanzar los objetivos, las metas y cumplir con la política ambiental durante la vida útil de la mina.

Características	<p>Los SGA deben ser desarrollados, implantados y actualizados de una manera que es consistente con un estándar reconocido a nivel internacional, tales como la ISO 14001, elaborado por la Organización Internacional de Normalización (ISO), un SGA debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definición clara de los objetivos y metas para cumplir con la política ambiental de la empresa; ▪ Rendición de cuentas de las acciones ambientales realizadas por parte de la empresa; ▪ Procedimientos establecidos para traducir la política ambiental en las prácticas del día a día; ▪ Seguimiento, control y auditoría del sistema e implantación de acciones para proporcionar la mejora continua.
------------------------	---

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 6 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Planes de Prevención de Contaminación
Definición	Es un método sistemático e integral de la identificación de alternativas para evitar o minimizar la generación de contaminantes o residuos. Los planes de prevención de contaminación pueden concentrarse en uno o varios contaminantes, y deben ser adaptados a las necesidades de la mina.
Características	<p>Los planes de prevención de contaminación tiene como beneficios y resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Una cuidadosa planificación del proceso para asegurar la selección y aplicación de las alternativas más rentables con el fin de prevenir la contaminación; ▪ Asegurar que los objetivos de prevención y las actividades a realizar son coherentes con los objetivos de la organización; ▪ Planificar eficazmente la prevención de contaminación y ayudar a la planificación, análisis y toma de decisiones; ▪ Ayuda a identificar los riesgos, y puede ser integrado con otras actividades de planificación, incluyendo los sistemas de gestión ambiental y planes de emergencia.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 7 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Planes de Manejo Ambiental
Definición	El Plan de Manejo Ambiental (PMA) describe las medidas adoptadas o que deben adoptarse en una mina para determinar cómo se afecta al ambiente con el fin de cumplir con las regulaciones; las actividades de gestión ambiental, y con los objetivos y metas ambientales.
Características	<p>Los planes de manejo ambiental deben ser desarrollados, implementados y actualizados durante todo el ciclo de vida de la mina. Los planes deben incluir, como mínimo, una descripción de lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Información sobre el propietario, de la mina, del entorno geográfico, incluyendo una descripción de los métodos de explotación y beneficio; ▪ La declaración de política ambiental; ▪ Requisitos de desempeño ambiental; ▪ Programas de gestión de calidad (aire, agua, residuos, suelo, etc.); ▪ Planificación de la prevención de contaminación; ▪ Manejo de la basura y otros materiales de desecho; ▪ Objetivos y metas ambientales, junto con los horarios para el logro de objetivos y metas; ▪ Programas de gestión ambiental y auditoría; ▪ Revisión periódica del plan de gestión ambiental para la eficacia y la mejora continua.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 8 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Indicadores de Desempeño Ambiental
Definición	Los Indicadores de desempeño ambiental se deben desarrollar para facilitar el seguimiento del trabajo general de la minera a través de medidas sencillas para determinar los efectos sobre el ambiente.
Características	Los indicadores de desempeño ambiental (por ejemplo, la calidad del agua, las poblaciones de vida silvestre) proporcionan puntos de referencia para poder medir el desempeño ambiental. Los indicadores pueden ser desarrollados para la ejecución de instalaciones ambientales, para emisiones al medio ambiente etc.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 9 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Supervisión e Inspección de las Instalaciones de Gestión Ambiental
Definición	Como su nombre lo dice son los planes para la vigilancia y la inspección in situ de las instalaciones y del desarrollo de la infraestructura ambiental
Características	<p>Los planes deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Documentación de los procedimientos de control e inspección de cada instalación, incluidos los equipos de control de emisiones, la gestión del agua y las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, el transporte, el manejo, el almacenamiento y las instalaciones de de los productos químicos, el manejo de residuos y las instalaciones de almacenamiento y la calidad del aire, calidad del agua así como el control de instrumentación; ▪ Un programa documentado para la supervisión, incluyendo la sincronización de la vigilancia y los métodos que se utilizarán; ▪ Identificación de los responsables de la vigilancia para el seguimiento de los resultados de las supervisiones; ▪ Documentación de los procedimientos de notificación de los resultados del control y de supervisión, tanto para la gestión interna y los organismos reguladores; ▪ Procedimientos para la revisión periódica y actualización de la vigilancia y los planes de supervisión y procedimientos control de calidad.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 10 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Monitoreo Ambiental
Definición	El monitoreo se utiliza para determinar si las instalaciones están funcionando como se diseñó, y si la supervisión se utiliza para verificar el estado de las instalaciones y prevenir con suficiente tiempo de anticipación cualquier deterioro de las instalaciones.
Características	<p>El monitoreo ambiental debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo de emisiones al medio ambiente, tales como las emisiones al aire, agua y tierra, y ▪ Seguimiento de los indicadores de desempeño ambiental, incluyendo la calidad del aire y el agua y las especies acuáticas y terrestres y los ecosistemas. ▪ Informes requeridos por la normatividad y permisos ▪ Procedimientos de muestreo, requisitos de conservación de muestras y métodos de análisis empleados; ▪ Procedimientos para la comparación de los resultados del monitoreo con las normas ambientales y los objetivos de calidad ambiental; ▪ Medidas que deben tomarse cuando no se cumplen con los límites establecidos en el reglamento ▪ Procedimientos para informar los resultados a la empresa, organismos reguladores y público; ▪ Procedimientos para la revisión periódica y actualización de los planes de vigilancia ambiental,

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 11 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Efectos de Monitoreo acumulada
Definición	Los efectos acumulativos son aquellos efectos que son el resultado de una actividad en combinación con otras actividades. Por ejemplo, los efectos acumulativos pueden resultar de una serie de instalaciones mineras que operan en las cercanía de la zona; o cuando las instalaciones mineras están cerca de otro establecimiento industrial, como una fábrica papel, generando efectos o impactos acumulativos.
Características	Los planes de vigilancia ambiental deben incluir medidas para evaluar los posibles efectos acumulativos antes del proyecto minero considerando la legislación aplicable, las actividades realizadas en la zona de estudio.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 12 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Conocimiento Ecológico Tradicional
Definición	El conocimiento ecológico tradicional es el conocimiento acumulado a través del tiempo. Además de permitir una comprensión de los sistemas ambientales en su conjunto y el conocimiento de las técnicas apropiadas para la recolección, el conocimiento ecológico tradicional incluye información cualitativa sobre animales, plantas y otros

Características	fenómenos naturales.
	Los indicadores de desempeño ambiental (por ejemplo, la calidad del agua, las poblaciones de vida silvestre) proporcionan puntos de referencia contra el cual se puede medir el desempeño ambiental. Los indicadores pueden ser desarrollados para la ejecución de instalaciones ambientales, para emisiones al medio ambiente y por los impactos ambientales. Los indicadores también pueden incluir medidas económicas que pueden ayudar a vincular el desempeño ambiental y económico.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 13 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Cierre de Planificación - Diseño para el cierre
Definición	El desarrollo de los planes de cierre debe comenzar durante la fase de planificación de minas y debe ser propuesto lo antes posible para ejecutarlo durante todo el ciclo de vida de la mina. Los planes de cierre deben ser considerados e incorporados en todos los aspectos de la planificación minera, construcción y operación, abandono etc. Los planes deben identificar las medidas que se realizarán durante la todas las fases de la actividad minera para realizar una recuperación progresiva de las áreas impactadas.
Características	<p>Los planes de cierre deben identificar objetivos específicos del sitio y el uso del suelo durante el cierre. Los planes deben detallar los procesos que se utilizarán para desmantelar y recuperar todas instalaciones, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las instalaciones de procesamiento de mineral; ▪ Infraestructura del sitio, agua, instalaciones de gestión de residuos, incluidas escombreras y presa de jales. <p>La planificación de cierre de minas es una herramienta clave para prevenir o limitar los problemas ambientales después de un cierre de minas. Cuanto antes se realice durante el inicio del ciclo de vida de la mina, mayor es la probabilidad de que las medidas de cierre sean efectivas y, en muchos casos, el proceso del cierre de la mina sea menos costoso. Facilitando las actividades de recuperación progresiva durante la diversas fases de la mina.</p>

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 14 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Auditoría Ambiental
Definición	La auditoría ambiental es un proceso que puede ser utilizado para evaluar todos los aspectos de las actividades de gestión ambiental en una mina. El alcance de una auditoría ambiental puede variar dependiendo del tipo y el tamaño de la mina y los objetivos de la auditoría. En general, los objetivos de las auditorías ambientales permiten identificar y evaluar los riesgos y peligros que hay en la mina.
Características	Los resultados de una auditoría pueden utilizarse para identificar áreas de mejora en la gestión ambiental y para identificar los costos asociados para la reducción de riesgos ambientales. La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha elaborado directrices para la Calidad y Gestión Ambiental Auditoría de Sistemas (ISO 19011), como parte del programa ISO 14000.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Cuadro C. 15 Instrumentos de calidad ambiental

Herramienta	Participación Pública
Definición	El objetivo de la participación pública es garantizar que las decisiones relativas a la planificación y gestión ambiental en las minas se hacen como resultado de la consulta informada y justa con el público. El "público" incluye a las organizaciones ambientales no gubernamentales, comunidades indígenas, grupos comunitarios, pescadores comerciales y personas interesadas. Hay una serie de mecanismos por los que el público puede ser involucrado El diálogo de la empresa con el público debe iniciarse en las primeras etapas de la fase de planificación y esta continuará durante todo el ciclo de vida de la mina.
Características	Los planes específicos de participación pública deben ser desarrollados, implementados y actualizados durante todo el ciclo de vida de la mina. Estos planes deben describir los mecanismos por los cuales se solicita la opinión del público.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

B) Costos ambientales en los estudios de viabilidad

Los costos previstos de la gestión ambiental en las operaciones de la mina, así como los costos de cierre, deben tenerse en cuenta en el estudio de viabilidad económica, debidamente justificados en el sistema de financiero y planificación. Ya que generalmente los estudios de factibilidad se hacen en base a la legislación, las características del yacimiento y el costo de procesamiento del mineral.

C) Prácticas de manejo ambiental para la fase de exploración y factibilidad

Los planes de gestión ambiental deben cubrir toda la gama de actividades relacionadas con la exploración, incluyendo la adquisición de terrenos, estudios, acceso, campamentos e instalaciones asociadas, extracción, perforación de zanjas y toma de muestras. Las prácticas de gestión ambiental deben abordar la gestión de calidad del agua, gestión de residuos, la perturbación del suelo, calidad del aire, rehabilitación y cierre.

Las prácticas recomendadas durante la fase de exploración están en el Cuadro C.16. El propósito de las prácticas ambientales en la etapa de exploración es mejorar el *costo-beneficio mediante el uso de técnica, prácticas viables y aceptables para mejorar el desempeño en la exploración minera. Fomentar la difusión de las tecnologías y conocimientos a todos los interesados facilitar las buenas prácticas e impulsar la mejora continua en la gestión ambiental y socioeconómica en la exploración minera*. En esta etapa se maneja el Manual de Excelencia Ambiental en Exploración (*Environmental Excellence in Exploration E3*) que incluye información sobre medidas y prácticas para reducir al mínimo los impactos ambientales de las actividades de exploración, y también contiene directrices para la participación de la comunidad.

Rehabilitación y Cierre del Proyecto de Exploración

Cuando las actividades de exploración han cesado y el desarrollo ulterior del sitio no está previsto por los proponentes:

- Se deben de eliminar las tomas de agua, alcantarillas, muelles y otras estructuras de navegación, así como todas las estructuras de maquinaria, aparatos y la construcción.
- Los vertederos, pozos de aguas residuales y perforaciones deben estar debidamente tapados.
- Todas las áreas que han sido alteradas deben ser reforestadas o rehabilitadas para permitir el restablecimiento de la vegetación natural.
- La huella de las actividades de exploración se debe minimizar en la medida de lo posible.

Cuadro C. 16 Prácticas recomendadas para la etapa de exploración

Actividad	Práctica recomendada
Selección del sitio	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben almacenar la capa superior del suelo y la materia orgánica para futuras necesidades de rehabilitación. • Deben protegerse las zonas de anidación, reproducción y migración de especies amenazadas.
Alcantarillado y eliminación del agua de agua residual	<ul style="list-style-type: none"> • Debe utilizarse sanitarios de fosa para la eliminación de aguas residuales • Los sanitarios o las instalaciones deben estar alejadas de cualquier cuerpo de agua a una distancia mayor a 100 m • Las aguas residuales no debe descargarse directamente en cuerpos de agua.
Disposición de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar practicas de minimización de residuos • Los residuos sólidos deben ser incinerados o enterrados en el sitio • Los vertederos deben estar protegidas con una distancia minima de 1 m del suelo • El drenaje de los rellenos sanitarios no deberán afectar a el curso de cualquier cuerpo de agua.
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Usar estructuras de desviación para el control del agua superficial. • Aplicar medidas de control para la erosión y sedimentación • Los caminos deben estar ubicados a mas de 100 m de los cuerpos de agua
Almacenamiento y manejo de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • El combustible deberá almacenarse a una distancia mínima de 100 m de cualquier cuerpo de agua • Los diques de contención deben ser construidos para evitar futuros derrames • La transferencias de combustible deben realizarse dentro del área de dique • Usar materiales absorbentes en el sitio de almacenamiento de combustible • El equipo en revisión o reparación debe estar a mas de 100 m de cualquier cuerpo de agua
Perforación y zanjas	<ul style="list-style-type: none"> • El fluido de perforación debe ser biodegradable; las zanjas deben ser rellenados y reclasificados después del muestreo

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

D) Prácticas de manejo ambiental para la fase de planificación y construcción

Las recomendaciones de esta sección son aplicables a los proyectos en la fase de planificación y construcción. Para las minas nuevas, este es un momento clave en el ciclo de vida de la mina desde el punto de vista ambiental, ya que gran parte de la planificación de las prácticas de gestión ambiental se lleva a cabo durante esta fase.

Gestión del agua

Los programas de gestión de agua utilizados en las minas deben tener muy en cuenta la hidrología local y el clima. Cada programa debe incluir una evaluación del balance hídrico del sitio e incorporar estructuras, para controlar los flujos en caso de eventos extremos de precipitación. Es necesario considerar:

- La identificación de subcuencas, vías de drenaje y cuerpos de agua receptores en el área de la mina como en la futura ubicación de la presa de jales y residuos mineros
- Estimaciones de las condiciones normales extremas de precipitación y gasto en los cuerpos de agua de cada subcuenca para diseño.
- Análisis del régimen de las aguas subterráneas locales, incluyendo la dirección del flujo, zonas de recarga y descarga.

- Estimación del balance hídrico en la zona de la mina considerando todas las aportaciones y pérdidas de agua.
- Identificación y evaluación de la construcción de infraestructura para desviar la escorrentía natural lejos de la mina y evitar su contaminación.

Algunas de las prácticas de gestión del agua también pueden ayudar a reducir el potencial de erosión del suelo mediante la infraestructura de drenaje. La planificación de la gestión del agua se menciona en el Cuadro C.17.

Cuadro C. 17 Planificación de la Gestión del Agua en la etapa de construcción

<p>Uso y reusó</p>	<p>Las instalaciones de procesamiento de mineral debe estar diseñado para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el volumen de agua fresca que se utiliza para el procesamiento mediante el uso métodos que requieren menos agua, y maximizando el rehusó para reducir los requisitos de ingesta de agua; y evitar o minimizar el uso de reactivos que requieren tratamiento antes de la descarga del efluente. <p>Muchas instalaciones de procesamiento consideran el reusó del agua en el procesamiento del mineral, lo que reduce la cantidad de agua dulce que requieren las instalaciones y también reduce el volumen de agua que debe ser tratada antes de su descarga al medio ambiente.</p> <p>Al planificar el diseño del sitio, se debe tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las instalaciones que son fuentes de aguas residuales y los requisitos de tratamiento; • Desviar el drenaje de todas las corrientes limpias lejos de las zonas de posible contaminación con la construcción de zanjas o diques, • Evitar que la descarga del efluente del proceso sea cercanas las áreas ambientalmente sensibles.
<p>Diseñar para los eventos climáticos extremos</p>	<p>Las instalaciones de drenaje deben estar diseñadas para manejar las condiciones de pico por lo menos equivalente a un evento de una vez cada 100 años de inundación. Es importante que la infraestructura se diseñe para manejar los eventos climáticos extremos, como las precipitaciones altas, ya que existe la posibilidad de causar la liberación de efluentes contaminantes. En algunos casos, las estructuras de contención como las presas también pueden debilitarse.</p>
<p>Predicción de la calidad del agua residual</p>	<p>Los programas de predicción de la calidad del agua residual debe ser desarrollado e implementador lo antes posible en el ciclo de vida de la mina y continuar durante toda las fases del proyecto. Los programas para la predicción de la calidad del agua residual deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La identificación y descripción de todos los materiales geológicos; • La predicción de generación de drenaje ácido y lixiviación del metales pesados en los materiales geológicos, incluyendo el tiempo y las condiciones durante en el cual se espera la lixiviación y la generación del drenaje ácido • La predicción de otros componentes potencialmente dañinos en las aguas residuales de mina, incluidos los reactivos de procesamiento. <p>Es importante señalar que la predicción de la calidad del agua residual debe continuar durante toda la fase de operaciones. Los resultados de la caracterización de los residuos y la predicción de trabajo durante las operaciones de la mina permiten verificar las predicciones hechas durante la fase de planificación y construcción, y esta información puede ayudar a perfeccionar los planes de gestión.</p>

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad (Consejo Internacional de Minería y Metales)

Identificación y descripción de los materiales geológicos

La identificación y la descripción cartográfica de la roca y otros materiales geológicos en la zona son importantes para saber si estos materiales serán generadores de drenaje ácido o de lixiviación de metales. Este trabajo de caracterización es importante para asegurar todas las fuentes posibles que permitan la generación del drenaje ácido y la lixiviación. Los programas para la identificación y descripción para cada material deben incluir:

- La distribución espacial del material, así como el volumen de material.
- Caracterización geológica del material, incluyendo su composición mineral y química.
- Caracterización física del material, incluyendo el tamaño de grano, tamaño de partícula y las características estructurales como fracturamiento, falla y resistencia del material.
- Conductividad hidráulica del material.

Predicción de otros componentes potencialmente peligrosos en minas de aguas residuales

Es necesario considerar la presencia de otros componentes en las aguas residuales de mina y que son potencialmente dañinos para el ambiente, en particular:

- Las concentraciones de reactivos y de metales pesados (por ejemplo, cianuro) y sus productos de degradación de las aguas residuales de procesamiento.
- La concentración potencial de amoníaco en las aguas residuales.
- El pH de aguas residuales usadas en el procesamiento de minerales.

Prevención y Control de la lixiviación de metales y drenaje ácido en terreros y jales

Los terreros y residuos mineros (jales), debido a su volumen y sus características geológicas las instalaciones de disposición deben estar diseñadas para minimizar la generación de drenaje ácido y la lixiviación de metales, este diseño debe estar considerado desde la etapa de planificación en adelante. Las prácticas para la prevención y control de drenaje ácido y lixiviación de metales en los terreros, escombreras y presa de jales deben incluir lo siguiente:

- Limitar la producción de residuos sean generadores de drenaje ácido o de lixiviación
- Prevenir o limitar la disponibilidad de oxígeno al material que genera el ácido, llenando completamente con agua el material generador de ácido. Usar capas de material para limitar la infiltración de oxígeno y también se pueden hacer mezclas o capas de material neutralizantes (ejemplo cal), al material generador de ácido.
- Desviar el agua superficial lejos de las áreas de almacenamiento.

En el diseño de las pilas de desechos de roca y las instalaciones de gestión de escombreras en lugares donde hay un riesgo de generación de ácido, hay varios métodos que pueden usarse para prevenir o controlar el drenaje ácido. Si bien las estrategias para prevenir y controlar el drenaje ácido pueden ser aplicadas más tarde en el ciclo de vida de la mina, es más rentable hacer planes para ellos durante la fase de diseño. Para la selección de ubicaciones para terreros e instalaciones de la presa de jales se deben considerar los siguientes factores:

- Agua superficial local y regional y flujo de aguas subterráneas y las aguas superficiales y la contaminación potencial de las aguas subterráneas.
- Balance hídrico preliminar.
- Topografía.
- Sitios de existentes (abiertos o cerrados) de pilas de roca estéril.
- Uso actual y posiblemente futura de la tierra y de los recursos, incluyendo el uso de la cuenca receptora y la distancia de vivienda y áreas de la actividad humana.
- Posibles impactos sobre la vegetación, la fauna, la vida acuática y las comunidades río abajo.
- Condición de la cuenca y el diseño de cimentación de la presa.
- Diseño preliminar de estructuras de contención de agua.
- Posibles emisiones de polvos en el aire.
- Consideraciones estéticas.
- Consideraciones de cierre de minas.

La justificación de la selección del sitio debe estar claramente documentado, incluyendo la discusión de sitios alternativos que fueron consideradas y rechazadas.

Gestión de Instalación y diseño de Presa de Jales

Los siguientes factores deben ser considerados en el diseño:

- Las características físicas y químicas del jal, incluyendo el potencial de generación de drenaje ácido y lixiviación del metales.
- Hidrología e hidrogeología de la zona, incluyendo las condiciones climáticas locales y eventos climáticos extremos.
- Geología y consideraciones geotécnicas como el diseño por sismo.
- Disponibilidad y características de los materiales de construcción.
- Topografía de la instalación de gestión de residuos y áreas adyacentes.

En el diseño se debe considerar el tiempo de retención de las aguas residuales para permitir la sedimentación de sólidos en suspensión y la degradación natural de los contaminantes como el amoníaco y cianuro.

El seguimiento a largo plazo y la inspección de las estructuras de contención para las instalaciones de gestión de escombreras deben tenerse en cuenta durante la fase de diseño y construcción. En particular, se debe instalar la instrumentación apropiada durante la construcción para facilitar el control durante las operaciones de la mina y las fases de cierre. Las instalaciones de la presa de jales deben estar diseñadas para permanecer estructuralmente estable, de acuerdo con las directrices de seguridad. Además, las estructuras de contención deben ser diseñadas para permanecer estructuralmente estable en el caso de un sismo.

Planificación y Construcción de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben planificarse teniendo en cuenta:

- El plan de gestión del agua.
- Los resultados de predicción de la calidad de las aguas residuales.
- La roca estéril y los planes de evacuación de residuos mineros.
- Requisitos reglamentarios para la calidad del efluente.

El tratamiento del agua permite asegurar que los ecosistemas acuáticos no serán contaminados. Dependiendo de la calidad del agua residual predicho, el tratamiento puede ser necesario para ajustar el pH y reducir las concentraciones de metales, sólidos en suspensión, amoníaco cianuro, y otros contaminantes.

Gestión de los Productos Químicos

Una amplia gama de productos químicos se utilizan en las instalaciones de extracción. Estos pueden incluir combustibles y lubricantes, reactivos del proceso, explosivos, productos de limpieza, pinturas etc. Muchos de estos productos químicos pueden suponer un riesgo para el medio ambiente o la salud humana si se liberan en concentraciones suficientes. Además, algunos productos químicos pueden reaccionar si entran en contacto o están expuestos con otras sustancias químicas, representando un riesgo significativo para la salud humana y el ambiente. Por lo tanto, el transporte, almacenamiento, uso y eliminación de estos productos deben ser cuidadosamente planificadas y ejecutadas. Los procesos de diseño deben incluir procedimientos para:

- Identificar los posibles problemas ambientales asociados a los procesos químicos propuestos.
- Evaluar el uso de procesos alternativos y productos químicos, con el fin de mitigar o eliminar los efectos ambientales.

Los procedimientos deben ser desarrollados e implementados para el transporte, almacenamiento, manejo, uso y eliminación de productos químicos, combustibles y lubricantes. Estos procedimientos deben incluir una planificación adecuada en caso de emergencias. Se deben evaluar las oportunidades

para reducir las cantidades de productos químicos potencialmente nocivos utilizados en la operación de la mina. Esta evaluación debe incluir la consideración de:

- Selección de equipos y procesos.
- Posibles modificaciones en los equipos existentes.
- Nuevas tecnologías, procesos y procedimientos.
- La sustitución de materiales diferentes.
- Mantenimiento de los equipos.
- Programas de formación de los empleados.

El almacenamiento de productos químicos y las instalaciones de contención utilizadas en cada mina deben estar diseñados y construidos para cumplir con las normas, reglamentos y directrices pertinentes de los organismos reguladores, la política ambiental. En las instalaciones de almacenamiento de productos químicos deben considerar:

- Su posible contención en caso de derrame.
- Asegurar que los materiales incompatibles se almacenan de forma que evite el contacto accidental y genere reacciones químicas con otros materiales.

Alcantarillado y Disposición de Aguas Residuales Domésticas

Se considera la instalación de un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas en el sitio, en lugar de enviarse a una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para su eliminación. El objetivo de estas instalaciones es prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, incluyendo el suministro de agua potable, y cumplir con todas las normas reglamentarias aplicables.

Los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales y las aguas residuales domésticas deberán ser desechados de una manera aceptable. El lodo puede desecharse en el sitio o en un vertedero, puede ser utilizado como material de cubierta para desechos o residuos de roca, o puede estar dispuesta fuera del lugar.

Gestión de los residuos de cocina y comida

Los residuos comida del comedor deben ser desechados de una manera que no atraiga a la fauna silvestre ya que atrae a los animales y pueden poner a los animales en riesgo y también al personal. Se deben considerar programas de capacitación para garantizar que todos los empleados y contratistas en el sitio sean conscientes de la importancia de la eliminación adecuada de los desechos de alimentos y la importancia de no alimentar a la fauna silvestre en el sitio.

Zonas ambientalmente sensibles o protegidas

Todas las instalaciones de la mina deben estar situadas y diseñadas para evitar las zonas ambientalmente sensibles. La determinación de zonas ambientalmente sensibles debe llevarse a cabo en consulta con las partes interesadas pertinentes, las comunidades aborígenes locales y funcionarios gubernamentales.

Carreteras y Caminos de Acceso

Los caminos deben evitar las masas de agua así como el hábitat de la vida silvestre. Deben estar diseñados para evitar curvas cerradas y minimizar el riesgo por derrames y accidentes. La construcción de carreteras es necesaria en el lugar para las minas; en las zonas remotas, la construcción de caminos de acceso se requiere con frecuencia. Los caminos de acceso deben ser capaces de manejar los grandes camiones utilizados para el transporte de material.

El diseño de las carreteras y de caminos debe realizarse con el fin de prevenir y controlar la erosión, es necesario incluir zonas de amortiguamiento de al menos 100 m entre calles y cuerpos de agua a la medida de lo posible. Dado que las carreteras no suelen ser pavimentadas, estos caminos pueden ser fuentes importantes de sedimentación a los cuerpos de agua adyacentes a menos que se adopten medidas adecuadas para controlar la erosión de las superficies de carretera.

Drenaje

El diseño de la localización del drenaje debe ser seleccionado con el fin de limitar el riesgo de daño a los ecosistemas acuáticos y terrestres en el caso de una falla. Una vez en funcionamiento, el drenaje debe ser inspeccionados periódicamente para asegurarse de que están en buenas condiciones, y los sistemas de monitoreo deben estar en su lugar para alertar a los operadores en caso de un problema potencial.

Las tuberías podrán ser utilizadas en las minas para transportar combustible o residuos. Un error de canalización podría tener impactos significativos sobre los ecosistemas acuáticos o terrestres. La falla de un gasoducto también podría suponer un riesgo para la salud ocupacional y contaminar las aguas subterráneas y las aguas superficiales.

Sistemas de transporte

Las rutas de sistemas de transporte deben ser seleccionados con el fin de limitar riesgos para el medio ambiente o la salud humana con la emisión de polvos y partículas en el aire. Los sistemas de transporte deben incluir medidas de protección para evitar o limitar la emisión. Las instalaciones para carga de material debes ser cerrados e implementar otras medidas para evitar o limitar la emisión de polvos en el aire a partir de operaciones de carga y de descarga.

El desmonte de la vegetación

La eliminación de la vegetación en la construcción debe llevarse a cabo de tal manera que:

- El área de despalde se reduzca al mínimo;
- Las zonas de amortiguamiento deben estar al menos a 100 m

Cuando sea posible, la vegetación obtenida de las zonas despejadas puede replantarse en hábitats cercanos para considerarlos en el cierre de la mina; para esto es necesario considerar sitios específicos para la conservación y almacenamiento de los suelos extraídos de la mina para su reutilización futura en la etapa de abandono.

Control de erosión

Las medidas para el manejo de la erosión deben tenerse en cuenta durante la etapa de planificación, construcción, operación y abandono de la mina. Es necesario considerar:

- El potencial de erosión del sitio y la identificación de cuerpos de agua en riesgo.
- Reforestar y mantener las zonas de amortiguamiento con vegetación adyacente a cualquier cuerpo de agua para el control de la erosión.
- Desviar el drenaje lejos del sitio despejado o de excavado.
- Uso y mantenimiento de barreras de sedimentos para prevenir o controlar la sedimentación.
- Dirigir los escurrimientos superficiales de las zonas erosionables a un estanque de sedimentación antes de su vertido al medio ambiente.

E) Prácticas de manejo ambiental para la fase de operaciones mina

Manejo del agua

En la etapa de operación debe considerarse el monitoreo de la calidad del agua proveniente de la mina, terreros y de las presas. Como características principales se debe considerar lo siguiente:

- Describir la geología superficial y subterránea, incluyendo los acuíferos y acuitardos.
- Identificar y caracterizar los recursos locales de agua subterránea y usos.
- Indicar la ubicación de agua, estaciones de muestreo y las zonas de infiltración de residuos de minería.
- Proporcionar muestras de agua, manejo y protocolos de análisis a muestras de agua.
- Proporcionar una base de datos de agua subterránea actualizado con los muestreos realizados.

Las actividades de gestión del agua durante la fase de operaciones de la mina deben incluir:

- Monitoreo para verificar e informar sobre el rendimiento, estado y seguridad de las instalaciones de gestión del agua.
- Inspección del drenaje y tuberías.
- Monitoreo de la calidad del agua y nivel de retención en las instalaciones
- Inspección en los canales de drenaje y diques donde hay acumulación de sedimentos.
- Esfuerzos para identificar y poner en práctica formas de reciclar agua y reducir el uso de agua fresca tanto como sea posible.

Gestión de la roca estéril y relaves

Los residuos de los terreros y de la presa de jales pueden ser considerados como material de relleno de mina. Es necesario aclarar que este residuo debe ser evaluado para asegurar que el material sea adecuado, particularmente si el material es utilizado para proporcionar soporte estructural en minas subterráneas. También hay que considerar sus propiedades químicas para asegurarse de que tiene propiedades adecuadas para trabajos subterráneos y asegurar que la alteración química del material no compromete las propiedades estructurales o suponer un riesgo para el medio ambiente.

Cuando los materiales sean generadores de ácido pueden utilizarse como relleno pero es necesario considerar medidas de control para evitar la lixiviación y la generación de drenaje ácido.

Manejo de presa de jales

Todos los procedimientos relacionados con la gestión ambiental de las instalaciones de la presa de jales deben estar claramente documentados, así como las funciones y responsabilidades de todo el personal pertinente. Esta documentación debe ser revisada según sea necesario para asegurarse de que está actualizada y precisa, y debe mantenerse a lo largo de las operaciones de la mina y las fases de cierre de minas. La zona donde se encuentra la presa de jales debe ser controlada y monitoreado mediante un procedimiento que incluye:

- Inspecciones de las instalaciones y monitoreo de desempeño.
- Indicadores de inestabilidad, control y calidad de los efluentes.
- Controles de construcción.
- Procedimientos para el control de emisión de polvos.
- Medidas de control de calidad en las operaciones.

Monitoreo de los terreros y presas de jales

El monitoreo de los terreros y jales tiene como objetivo:

- Evaluar el potencial de generación de drenaje ácido y lixiviación de metales.

- Verificar las predicciones realizadas durante la fase de planificación de la mina.
- Recoger los datos necesarios para la elaboración de modelos.
- Evaluar el nivel de generación de ácido cuando las reacciones de oxidación se producen.
- Evaluar la eficacia de las medidas que se han implementado para prevenir y controlar la lixiviación de metales y drenaje ácido.
- Identificar posibles infiltraciones.

Gestión de la calidad del aire

Es necesario el manejo de estrategias para la reducción de las emisiones de carbono a la atmósfera a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de la mina. Generar oportunidades para la reducción de carbono en el uso de maquinaria pesada y de vehículos mediante el uso de combustibles eficientes y alternativos. Las medidas para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero son las siguientes:

- Identificar las fuentes potenciales de emisiones de gases de efecto invernadero
- Determinar los factores que pueden influir en las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Realización de medidas para minimizar las emisiones de gases.
- Programas de vigilancia y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mecanismos para incorporar los resultados de los programas de vigilancia en nuevas mejoras en las medidas para minimizar las emisiones.

Las medidas para controlar las emisiones de materia particulada aerotransportada

Las emisiones de partículas en el aire puede ser consecuencia de la actividad minera, incluyendo muchos relacionados con las voladuras, el proceso de trituración, carga, acarreo, y traslado en transporte. Tajos abiertos, terreros, etc., son fuentes potenciales de partículas arrastradas por el viento. De acuerdo con la norma Mundial Canadiense para la materia particulada (PM), la concentración de partículas menores de 2,5 micras (PM_{2.5}) no debe superar el 15 g/m³ (24-horas tiempo promedio) fuera de los límites de una instalación minera.

Los planes desarrollados e implementados para minimizar las emisiones de material particulado deben considerar:

- Las fuentes de emisiones de material particulado en el aire, incluidas las actividades específicas y los componentes específicos de infraestructura de la mina.
- Factores que pueden influir en las emisiones de material particulado, incluidas las condiciones climáticas y del viento.
- Riesgos potenciales para el medio ambiente y la salud humana de las emisiones de material particulado en el aire.

- Medidas para minimizar las emisiones de partículas en suspensión en el aire de las fuentes identificadas.
- Seguimiento de los programas para el clima local, para su consideración en la gestión continua de las emisiones de material particulado en el aire.
- Programas de vigilancia y notificación de las emisiones de partículas en suspensión en el aire y los impactos ambientales de las emisiones.
- Mecanismos para incorporar los resultados de los programas de vigilancia en nuevas mejoras en las medidas para minimizar las emisiones.
- Mecanismos de actualización periódica de los planes.

Gestión de Ruido y Vibraciones

El seguimiento debe llevarse a cabo para evaluar la eficacia de estas medidas y planificar mejoras en la reducción de ruido. El ruido ambiental también puede afectar a la fauna silvestre, por lo que los sitios en lugares remotos también deben trabajar para alcanzar estos objetivos por niveles fuera de las instalaciones de ruido ambiental. La implantación de las medidas para control deberían incluir la consideración de:

- Eliminación de las fuentes de ruido.
- La compra de equipos con características de ruido mejoradas.
- Mantenimiento adecuado del equipo.
- Supresión del ruido en la fuente.
- Localización de las fuentes de ruido para permitir la atenuación natural y reducir los niveles de receptores potenciales.

Control de ruido y vibraciones de las explosiones

Las zonas donde la vibración del suelo y el ruido de las explosiones no están regulados deben diseñar sus explosiones con los siguientes criterios:

- Baja vibración de 12,5 mm/seg velocidad de partícula máxima medido por debajo del grado o inferior a 1 metro por encima del nivel.
- Conmoción cerebral ruido de un máximo de 128 dB.

Motores de maquinaria y vehículos

Los motores de los vehículos y equipos estacionarios deben ser mantenidos y operados de manera que reduzca al mínimo las emisiones de contaminantes atmosféricos de criterio, en particular:

- Material particulado total (TPM).
- Partículas menores o iguales a 10 micras (PM10).

- Partículas inferior o igual a 2,5 micras (PM2.5).
- Óxidos de azufre (SOx).
- Óxidos de nitrógeno (NOx).
- Compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Monóxido de carbono (CO).

Los talleres de mantenimiento deben ser operados para asegurar que los contaminantes potenciales, tales como lubricantes usados, baterías y otros desechos, se gestionen adecuadamente. El funcionamiento y el mantenimiento de los motores en las instalaciones mineras, de los vehículos y equipos estacionarios como los generadores deben ser realizados adecuadamente para reducir al mínimo las emisiones de aire y reducir al mínimo o evitar las liberaciones de contaminantes asociados con el mantenimiento de vehículos.

Recuperación progresiva

La recuperación progresiva debe llevarse a cabo durante el ciclo de vida de la mina para reducir los impactos ambientales y la cantidad de trabajo durante la fase de cierre. El programa debe ser utilizado por el personal de la mina para supervisar el estado de las actividades de recuperación progresiva. El progreso de las actividades de recuperación deben ser coherentes con los objetivos específicos del sitio para el cierre y el uso del suelo previsto posterior al cierre en el sitio.

La planificación y ejecución de medidas progresivas de recuperación deben considerar:

- El contorno final de terreros.
- El establecimiento de un sistema final de drenaje.
- El establecimiento de las cubiertas mojadas o cubiertas secas para prevenir o controlar el drenaje de ácido.
- Reforestación de las áreas expuestas.

F) Prácticas de Manejo Ambiental para la Fase de Cierre de Minas

Al final de la fase de operación, los planes de gestión a los diversos aspectos ambientales de la mina deben ser evaluados y revisados para asegurar de que son apropiados para las condiciones de cierre de la mina. En particular, se debe considerar a la evaluación y revisión de los siguientes:

- Planes de prevención de contaminación.
- Planes de manejo ambiental.
- Planes para la vigilancia y la inspección de las instalaciones del medio ambiente.
- Planes de vigilancia ambiental.
- Planes de emergencia.

También es importante que estos planes sean adecuadas a las condiciones del sitio y que todos los aspectos del plan de cierre se hayan implementado.

Costos de Cierre de Minas

Los costos previstos de cierre de la mina deben ser evaluados nuevamente de manera periódica a lo largo del ciclo de vida de la mina para garantizar que se disponga de los fondos suficientes para cubrir todos los costos de cierre.

Financiación a largo plazo de seguimiento, mantenimiento o tratamiento

En los lugares en que se determine el monitoreo a largo plazo, el mantenimiento o el tratamiento de efluentes será necesario después del cierre, los mecanismos deben ser identificados e implementados que aseguren la financiación para estas actividades. Se debe tener en cuenta las prescripciones de contingencia en caso de cambios en las condiciones económicas, fallos del sistema, o el cierre importante de trabajo.

Operaciones suspendidas y minas inactivas

Cada mina deberá elaborar un plan para el cuidado y mantenimiento del sitio de la mina en el caso de que las operaciones mineras se suspendan. El plan debe incluir la vigilancia continua y la evaluación del desempeño ambiental del sitio, así como el mantenimiento de todos los controles ambientales necesarios para garantizar el cumplimiento continuo de los requisitos reglamentarios pertinentes.

Desmantelamiento de las instalaciones de procesamiento e infraestructura del sitio

Las instalaciones y equipos que ya no se necesitan deben retirarse y eliminarse de manera segura, a menos que las instalaciones o equipos deben ser preservados para el uso del suelo posterior al cierre. Se deben hacer esfuerzos para vender el equipo para su reutilización en otro lugar o para enviar equipos para el reciclaje, en lugar de disponer de él en las instalaciones de vertederos.

El desmantelamiento de las instalaciones de procesamiento de minerales y otras estructuras sobre el terreno se lleva a cabo de manera compatible con el uso del suelo previsto posterior al cierre. Normalmente, en el lugar de retirar el equipo destinados para el uso en otros sitios o en forma de chatarra.

Edificios y plantas de beneficio

Las paredes de los edificios en el sitio deben ser demolidas, salvo en los casos en que han de ser preservados para el uso del suelo posterior al cierre. Los cimientos deben ser retirados o cubiertos con una capa suficientemente gruesa de suelo para apoyar revegetación.

Si los edificios deben ser preservados, ya sea como recurso patrimonial o para algún otro uso del suelo posterior al cierre, las estructuras y las plantas deben ser inspeccionadas para asegurar que no haya contaminación presente. Si las estructuras o cimientos están contaminados, deben ser objeto de recuperación según sea necesario para garantizar la salud pública y la seguridad para el uso del suelo posterior al cierre.

Apoyo a la infraestructura

La infraestructura de apoyo, tales como tanques de almacenamiento de combustible, tuberías, cintas transportadoras y servicios subterráneos, deben ser eliminados, excepto en los casos en que se ha de preservar para el uso del suelo posterior al cierre.

Carreteras

La principal vía de acceso al sitio (o pista en el caso de los sitios remotos), deben conservarse en una condición suficiente aceptable para permitir el acceso posterior al cierre para las actividades de vigilancia, inspección y mantenimiento. Para el resto de las carreteras, pistas o vías férreas que no serán conservados se debe considerar:

- Remover puentes, alcantarillas y tuberías, el caudal natural debe ser restaurado, y las orillas de los ríos debe ser estabilizados con revegetación
- Las superficies, acantilados, laderas empinadas, bancos regulares e irregulares, etc., deben ser rehabilitados para evitar la erosión

Infraestructura eléctrica

La infraestructura eléctrica, incluyendo torres de alta tensión, cables eléctricos y transformadores, deben ser desmantelados y removidos, excepto en los casos en que esta infraestructura debe ser preservado para el uso del suelo posterior al cierre o se necesitarán para el monitoreo posterior al cierre, inspección y mantenimiento. Esto incluye la infraestructura en el lugar, así como cualquier infraestructura fuera de las instalaciones propiedad de la empresa minera.

Eliminación de desechos y contaminación

Los residuos procedentes de la clausura de las instalaciones de procesamiento e infraestructura de emplazamientos, tales como los residuos procedentes de la demolición de edificios y la remoción del equipo, deben ser retirados del lugar y se almacenarse en un vertedero apropiado o en su defecto, eliminar en el lugar en un manera apropiada conforme a la normatividad correspondiente pertinentes.

Es necesario la realización de toma de muestras y análisis de suelo para asegurar que el material no se contamina y si los materiales contaminados son identificados, deben ser manejados y desechados de una manera apropiada de conformidad con la normatividad aplicable.

Desmantelamiento de terreros y jales

Al final de la fase de operaciones, inspecciones y evaluaciones detalladas de terreros y de las instalaciones de la presa de jales los factores que deben considerarse en el cierre son:

- El grado de deformación.
- La tasa y la calidad de la filtración.
- El estado de los cimientos y las paredes laterales.
- Cargas de diseño, que puede ser diferente después del cierre de la mina.
- Evaluación de los riesgos a largo plazo asociados con modos de fallo posibles para pilas de roca estéril y las instalaciones de gestión de escombreras.
- Identificación de los posibles impactos sobre el medio ambiente y la salud humana y la seguridad en caso de un fallo o accidente.
- Determinación los parámetros críticos a estos modos de fallo y posibles impactos.
- Elaboración y aplicación de estrategias a largo plazo de control para gestionar los riesgos.
- Identificación de los roles y responsabilidades de las personas que se ocupan de la vigilancia y el mantenimiento.
- Identificación de aspectos a ser monitoreadas y la frecuencia.
- Identificación de las actividades de mantenimiento de rutina que se realizarán y la frecuencia.
- Descripción de los planes de contingencia para hacer frente a los problemas detectados durante el mantenimiento de rutina y vigilancia.

Tal como se describe, la estabilidad física a largo plazo es muy importante, en particular, la estabilidad de las presas de jales y otras estructuras de contención para instalaciones, ya que las consecuencias de una falla o accidente después del cierre pueden ser tan graves como las consecuencias de un accidente durante la fase de operación minera.

Prevención, control y tratamiento de la lixiviación de metales y drenaje ácido

Al final de la fase de operaciones, los planes de gestión terreros y jales es tratar de prevenir, controlar la lixiviación de metales y el drenaje ácido. Esta evaluación debería tener en cuenta:

- Los resultados del rendimiento de estas instalaciones.
- El rendimiento de recuperación progresiva hasta la fecha.
- Posibles tecnologías alternativas para el cierre.
- Identificación de los roles y responsabilidades de las personas que se ocupan de la vigilancia.

- Identificación de los parámetros que deben controlarse y la frecuencia.
- Descripción de los planes de contingencia para hacer frente a los problemas identificados durante el monitoreo de rutina.

Las prácticas para la prevención, control y tratamiento de la lixiviación de metales y generación de drenaje ácido durante la fase de cierre de la mina son en gran medida una extensión de las prácticas programadas y ejecutadas anteriormente en el ciclo de vida de la mina.

Manejo del agua y tratamiento

Al final de la fase de operaciones mina, los planes de gestión del agua debe ser evaluados y revisados cuando sea necesario para asegurar de que son coherentes con los objetivos y con los planes para el cierre.

Durante la fase de cierre de la mina puede haber cambios significativos en la gestión del agua como resultado de las reducciones en el consumo de agua en las instalaciones, las reducciones en las actividades, y la recuperación del sitio. Como resultado, la gestión del agua prevista en su lugar durante la fase de operaciones puede que ya no ser apropiado. Las nuevas medidas para la gestión del agua pueden surgir como resultado de los estudios y la evaluación.

Esta evaluación debería tener en cuenta:

- Los resultados de una evaluación de los resultados del plan de gestión del agua existente.
- Los cambios esperados en el flujo de agua y el equilibrio de agua en el lugar.
- Los cambios esperados en el volumen de aguas residuales y composición.

Sobre la base de esta evaluación, se deberá identificar:

- El desmantelamiento de estructuras como presas y canales de desviación
- Mantenimiento de estructuras a largo plazo que seguirán funcionando después del cierre.

Tratamiento de aguas residuales a largo plazo

En los lugares en que se determine que el tratamiento a largo plazo de las aguas residuales, debe desarrollarse un plan de manejo y tratamiento de aguas residuales. Este plan debe incluir los siguientes elementos:

- Identificación de los roles y responsabilidades de las personas que participan en la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.
- La identificación del tipo de sistema de tratamiento que debe utilizarse.

- Identificación de cualquier subproducto del sistema de tratamiento, como tratamiento de lodos, y los planes de gestión para la eliminación de los subproductos.
- Identificación de las actividades de mantenimiento de rutina que se llevó a cabo en el sistema de tratamiento y la frecuencia.
- Identificación de seguimiento para evaluar el desempeño actual del sistema de tratamiento y la frecuencia.
- Identificación de los requisitos de información para la gestión interna y los organismos reguladores.
- Descripción de los planes de contingencia para hacer frente a cualquier problema relacionado con el sistema de tratamiento.

Se debe considerar que la implementación de un sistema de tratamiento pasivo. En algunos casos, estos sistemas pueden tener menores necesidades de mantenimiento de los sistemas de tratamiento tradicionales, a pesar de que todos los sistemas se requieren un cierto grado de mantenimiento continuo.

Reforestación

Para la colocación de suelo, se debe considerar a las características del suelo que se utilizará, así como los requerimientos de suelo de la vegetación que se estableció en el lugar (puede ocuparse el mismo suelo recolectado en la etapa de preparación del sitio). Si esto no es posible, o si no hay suficiente suelo almacenado para cubrir la zona de afectación, se puede utilizar el suelo de una fuente local para asegurar condiciones similares de suelo y evitar la importación de semillas no nativas.

Las especies utilizadas en la repoblación vegetal y la comunidad vegetal resultante deben ser coherentes con los objetivos de cierre de la mina y posterior al cierre previsto del uso del sitio. Deben ser utilizadas las especies nativas de la zona alrededor del sitio de la mina.

Los esfuerzos de rehabilitación y reforestación deben asegurarse de que el sitio de la mina vuelve a un ecosistema productivo y autosuficiente. El ecosistema resultante podría parecerse al uso de la tierra antes de la minería o de uso alternativo de la tierra, pero igualmente beneficioso.

Monitoreo

Los programas de monitoreo deben ser diseñados e implementados durante el cierre de la mina para garantizar que las actividades de cierre y los efectos ambientales asociados son compatibles con las previstas en el plan de cierre y para garantizar que los objetivos del cierre de la mina se están cumpliendo.

Las actividades de seguimiento deben incluir muchas de las actividades de control llevadas a cabo durante la fase de operación. El monitoreo de los ecosistemas acuáticos y terrestres debe continuar hasta que todos los trabajos relacionados con el cierre de la mina se ha completado. El monitoreo también debe

llevarse a cabo después del cierre para asegurarse de que cierre y medidas de rehabilitación están funcionando como fueron diseñados de acuerdo con los requisitos reglamentarios aplicables. El monitoreo durante la fase de cierre de la mina es esencial para demostrar el cumplimiento con el uso final específico y tierra para determinar si el uso es auto-sostenible.

Bibliografía

AÉREAS PROTEGIDAS DE MÉXICO

Sierra de Manantlán (Redacción)
<http://www.apdm.com.mx/archivos/1017>
2011
Colima, Jalisco, México

AHUMADA, ABELARDO

La carretera Minatitlán-Manzanillo
Diario de Colima, año 60, Nº Edición 19898,
<http://www.diariodecolima.com/o/colaboraciones.php?c=14366>
2011
México

AREGIONAL.COM

Estado de Colima Monografía
2009
México
53 paginas

ARRIAGA, L. et. al.

Regiones Terrestres Prioritarias de Colima
Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.html>
2000
México

ASAMBLEA DE VECINOS AUTOCONVOCADOS DE ESQUIEL POR EL NO A LA MINA

No a la mina
<http://www.noalamina.org/>
2012
Argentina

ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE FABRICANTES DE ÁRIDOS (ANEFA)

Gestión de residuos en explotaciones mineras a cielo abierto
Dirección General de Política Territorial
Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial
Gobierno de La Rioja
(2008)
Madrid
95 paginas

ÁVILA NOLASCO, DIDIER, et. al.

Plan rector de producción y conservación de la "Microcuenca Ayotitlán"
Ayotitlán municipio de Cuautitlán de García Barragán, Jalisco
2004
México
64 paginas

BOCÁNGEL JEREZ, DANILO

Minería sustentable: fundación MEDMIN apoyo real y efectivo a la gestión ambiental de las cooperativas y comunidades mineras de Bolivia
Revista MEDMIN Medio Ambiente Minería e Industria N° 01186
2009
Bolivia
25 paginas

CÁMARA MINERA DE MÉXICO (CAMIMEX)

Informe Anual (2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011)
Publicaciones
<http://www.camimex.org.mx/>
México

CÁMARA MINERA DE MÉXICO (CAMIMEX)

Resumen de la Producción por Entidad y Municipio, Principales productos
Coordinación General de Minería
2009
México
4 paginas

CÁMARA MINERA DE MÉXICO (CAMIMEX)

Situación de la Minería 2009
LXXIII Asamblea General Ordinaria
<http://www.camimex.org.mx/>
2010
México
26 Paginas

CANALES NETTLE, PATRICIA

La legislación que rige las actividades mineras, especialmente la tributación en Argentina, Bolivia, Colombia y Brasil
Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones
http://www.bcn.cl/bibliodigital/pbcn/estudios/estudios_pdf_estudios/nro281/nro281.html
2003
Santiago de Chile

CARABIAS LILLO, JULIA, et. al.

Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán
Instituto Nacional de Ecología
1a Edición
2000
México
204 paginas

CASTILLO, CASIMIRO

Sierra de Manantlán Reserva de la Biosfera (RB)
Gestión Ambiental Mexicana
Cultura Ecológica, A.C.
<http://www.culturaecologica.org.mx/home.html>
2001
México
6 paginas

CEBALLOS GERARDO

Especies raras, el conocimiento de la diversidad biológica y la conservación
Revista Biodiversitas 38:9 –13
Universidad Nacional Autónoma de México
2001
5 paginas

CENTRO DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTADO DE COLIMA (SIDECOL)

Economía: Minería Volumen de Producción de Hierro en Pellets

2009

México

3 páginas

CENTRO DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ESTADO DE COLIMA (SIDECOL)

Pirámide poblacional de Minatitlán 1990, 1995, 2000 y 2005

<http://siplade.col.gob.mx/>

2006

México

CERVANTES JUÁREZ, MIGUEL

Cuantificación del cambio de uso de suelo en la parte noroeste del Municipio de Minatitlán

Tesis grado de Maestría en Ciencias

Universidad de Colima

Facultad de Ingeniería civil

2003

Coquimatlán, Colima, México

76 páginas

CÉSAR VALDEZ, ENRIQUE

Saneamiento básico y urbanización de asentamientos humanos irregulares en el Suelo de Conservación del D.F. Posgrado de Ingeniería

Tesis Doctorado en Urbanismo

Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo

Universidad Nacional Autónoma de México

2007

México

405 páginas

CHAPARRO A. EDUARDO

Buenas prácticas en la industria minera: el caso del Grupo Peñoles en México

Series CEPAL, recursos naturales e infraestructura

División de Recursos Naturales

2007

Santiago de Chile

69 páginas

CMBJ PEÑA COLORADA S.A. DE C.V.

Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, Dirección General de Operación y Control de Auditorías, Reporte de Indicadores

2007

Minatitlán, Colima, México

CMBJ PEÑA COLORADA S.A. DE C.V.

Concientización SiGA (Sistema de Gestión Ambiental)

2010

Minatitlán, Colima, México

COMISIÓN CHILENA DEL COBRE (COCHILCO)

Buenas prácticas y uso eficiente de agua en la industria minera

<http://www.cochilco.cl/>

2008

Santiago de Chile

60 páginas

COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (CONAP)

Biosfera Sierra De Manantlán

Área de Cultura para la Conservación de la Dirección de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán

<http://manantlan.conanp.gob.mx/>

2011

México

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)

Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (0613) Minatitlán, Estado de Colima
Gerencia de Aguas subterráneas
Diario Oficial de la Federación
2009
México
16 paginas

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)

<http://www.cna.gob.mx/>
2011
México

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)

Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional del proyecto "El Naranjo II, Colima"
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
2005
Guadalajara, México
426 paginas

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)

Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico
2010
México
115 paginas

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA

Overview of Best Practice Environmental Management in Mining
One Booklet in a series on best practice environmental management in mining
2002
Australia
52 paginas

CONSEJO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SOCIAL (CONEVAL)

Población total, índice y grado de rezago social a nivel nacional, según localidad, Colima
<http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/cifras/indicedereazgo.es.do>
2005
Colima

CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN EN MEDIO AMBIENTE, S. C.

Proyecto de Presa de Jales "El Arrayanal" del CMBJ Peña Colorada, S.A. de C.V. (Informe preventivo)
CMBJ Peña Colorada S.A. de C.V.
2010
Minatitlán, Colima, México
83 paginas

CONSULTORA FORESTAL INTEGRAL, S. C.

Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular "El Reparo" Tomatlán, Jalisco
2010
Guadalajara, México
80 paginas

CORONA ESQUIVEL, RODOLFO, et. al.

Modelo magmático del yacimiento de hierro Peña Colorada, Colima, y su relación con la exploración de otros yacimientos de hierro en México
Instituto de Geología, UNAM
Boletín 113
2004
México
109 paginas

CORPORACIÓN VENEZOLANA DE SERVICIOS DÁVILA, C.A. (CODAVEN, C.A.)

<http://www.codaven.com/>

2010

Venezuela

CUÉNTAME... ECONOMÍA

Minería

<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>

2004

México

CUEVAS ARELLANO, HERGUIN BENJAMÍN

Cambio de la cobertura y del uso del suelo en el estado de Colima (1976-1993-2001)

Tesis de licenciatura en biología

Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo

Facultad de Biología

2003

México

175 Paginas

CUEVAS GUZMÁN, RAMÓN, et. al.

El bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

www.biodiversidad.gob.mx

2010

México

196 paginas

DEPARTAMENTO DE LA ESTADÍSTICA NACIONAL

Censo General de Habitantes

Estado de Colima

Talleres Gráficos de la Nación Diario Oficial

1926

Distrito Federal, México

56 paginas

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (leyes)

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2012

Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, 2003

Ley Minera, 2006

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (Normas)

NOM-001-SEMARNAT-1996

NOM-059-SEMARNAT-2010

NOM-052-SEMARNAT-2005

NOM-141-SEMARNAT-2003

NOM-157-SEMARNAT-2009

NOM-059-SEMARNAT-2010

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (Reglamentos)

Reglamento de la ley minera, 1999

Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, 2000

e3 PLUS EXPLORACIÓN MINERAL RESPONSABLE

A Framework for Responsible Exploration, Principles & Guidance Notes

<http://www.pdac.ca/e3plus/>

2010

Canadá

ENCICLOPEDIA KALIPEDIA

Minería
Grupo PRISA
<http://mx.kalipedia.com>
2011
México

EUGENIA REYES, MARÍA

La diversidad biológica de México: Estudio de País
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
<http://es.scribd.com/doc/57898717/La-diversidad-Biologica-de-Mexico>
1998
México
350 paginas

FERROMINA DE OCCIDENTE S.A. DE C.V.

Manifestación de Impacto ambiental, modalidad particular, Proyecto "Mariana"
Información complementaria
2009
Minatitlán, Colima, México
151 paginas

FORO-MEXICO.COM

Información de las Guásimas (Minatitlán)
<http://www.foro-mexico.com/colima/las-guasimas-1/mensaje-129002.html>
2011
México

FUNDAR, CENTRO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

Minería, comunidades y medio ambiente Investigaciones sobre el impacto de la inversión canadiense en México
2002
México
40 paginas

GARCÍA LEYTON, LUÍS ALBERTO

Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales
Tesis Doctoral
Universidad Politécnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria
2004
Madrid
227 paginas

GARMENDIA SALVADOR, ALFONSO, et. al.

Evaluación de Impacto ambiental
Editorial Pearson Prentice Hall
2005
Madrid
416 paginas

GARMENDIA SALVADOR, ALFONSO, et. al.

Enseñanza de la Evaluación de impactos ambientales en escuelas técnicas. Una reflexión sobre las funciones de transformación
Instituto Agroforestal Mediterráneo
Universidad Politécnica de Madrid
2008
Madrid
13 paginas

GARMENDIA SALVADOR, ALFONSO

Evaluación de Impacto Ambiental
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
1° Edición
PEARSON PRENTICE HALL
2005
Madrid
416 páginas

GOBIERNO DEL ESTADO DE COLIMA

Caracterización Ambiental, Descripción del Medio Físico y Natural del Estado de Colima
<http://www.sedur.col.gob.mx/ecologia/secciones/caracterizacion.php>
Secretaría de Desarrollo Urbano Dirección de Ecología
2012

GOBIERNO DEL ESTADO DE COLIMA

Diagnostico y perspectivas de la economía del estado de Colima: estrategia para el crecimiento y desarrollo a largo plazo
SECRETARIA DE FOMENTO ECONÓMICO
2005
México
43 paginas

GOBIERNO DEL ESTADO DE COLIMA

Plan Estatal de Desarrollo 2009 – 2015
<http://www.colima-estado.gob.mx/>
México
2009
217 paginas

GÓMEZ, MIGUEL, et. al.

Consorcio Minero Dominicano S. A. (proyecto minero)
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Rep. Dominicana
<http://www.pnud.org.do/documentacion-estudio-de-impacto-ambiental-realizado-por-consorcio-minero-dominicano>
2010
Republica Dominicana

GONZÁLEZ MOJICA, PEDRO

Implantación del sistema SAP R/3 en Peña Colorada a partir del 2000
Tesis grado de Maestría en Ciencias
Universidad de Colima
Facultad de Contabilidad y Administración de Manzanillo
2000
Colima, México
120 paginas

GUÍA DE CATAMARCA

Minería
Secretaría de Minería
<http://www.catamarcaguia.com.ar/economia/mineria.php>
2002
Republica de Argentina

GUTIÉRREZ RAMÍREZ, RAFAEL ALEJANDRO

Influencia de la basicidad en la microestructura de los pellets y en su comportamiento metalúrgico en los procesos de reducción directa
Tesis grado de Maestría en Ciencias
Universidad de Colima
Facultad de Ciencias Químicas
1998
Coquimatlán, Colima
113 paginas

GUTIÉRREZ & MORENO TURRENT

Los residuos en la minería mexicana
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Primera Edición
1995
México
126 páginas

H. AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE MINATITLÁN, COLIMA

Plan Municipal de Desarrollo 2006-2009
Tomo 92
2007
Minatitlán, Colima, México
36 páginas

H. AYUNTAMIENTO DE CUAUTITLÁN, JALISCO

Plan Municipal de Desarrollo 2010 - 2012
Cuautitlán de García Barragán - Jalisco
2010
Jalisco
224 páginas

HANS A. FLURY

Importancia de la Industria Minera para el desarrollo Económico de Nuestro País
Seminario de Derecho Minero, Fiscalización y Legislación Ambiental Aplicada a la Minería
Universidad San Martín de Porres (USMP)
2008
Perú
78 páginas

HERNÁNDEZ PÉREZ, ISRAEL, et. al.

Texto guía carta magnética "Hoja Manzanillo"
Consejo de Recursos Minerales
Secretaría de Economía
2ª impresión
2001
Colima, México
16 páginas

HIGUERAS, PABLO

Curso de Minería y Medio Ambiente
Universidad de Castilla – La Mancha
<http://www.uclm.es/users/higueras/mam/>
2002
Madrid

HOCHSCHILD ALESSANDRI, HERNÁN, et. al.

Manual de Prácticas Ambientales
Comisión de Medio Ambiente de Sonami
1994
<http://www.bio-nica.info/biblioteca/Manual-Pr%C3%A1cticas-Ambientales.pdf>
12 páginas
Perú

HONDURAS CONTAMINADA

Empresa minera GOLDCORP (Entre Mares) y gobierno hondureño esconden información sobre personas afectadas por la minería
<http://hondurascontaminada.blogspot.mx/>
2012
México

HUERTO – DELGADILLO, R. I. et. al.

Necesidades mínimas de Caudal del Ecosistema Acuático del Río Marabasco, con base en el Análisis Hidrológico y de Indicadores Biológicos
Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 4(2): 239 - 247
Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua
2008
México
9 paginas

INSTITUTO CANADIENSE DE DERECHO Y POLÍTICAS AMBIENTALES (CIELAP)

Las caras múltiples de la minería: Políticas y Leyes ambientales que rigen la minería en Canadá
Canadian Institute for Environmental Law and Policy
www.cielap.org
2000
Canadá

INSTITUTO DE INFORMACIÓN DEL ESTADO DE JALISCO

Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán
<http://iit.app.jalisco.gob.mx/sitios/apn/manantlan/index.html>
Instituto de información territorial del Estado de Jalisco
2010
México

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA)

<http://www.imta.gob.mx/>
2011
México

INSTITUTO MEXICANO PARA LA COMPETITIVIDAD

Análisis de competitividad, Colima
<http://imco.org.mx/es/>
2011
México
12 paginas

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE)

Sistema de Consulta de las Cuencas Hidrográficas de México
<http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca/15A11.html>
2012
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Anuario Estadístico de Colima, 1984
Anuario Estadístico de Colima, 1988
Anuario Estadístico del Estado de Colima 1991
Anuario Estadístico del Estado de Colima 1992
Anuario Estadístico del Estado de Colima 1993
Anuario Estadístico del Estado de Colima 2001
Anuario Estadístico del Estado de Colima 2006
Anuario Estadístico del Estado de Colima 2008
Anuario Estadístico del Estado de Colima 2009
Anuario Estadístico del Estado de Colima 2010
<http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>
Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Colima
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/>
2012
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Censo General de Población de los Estados Unidos Mexicanos, 1940
Censo General de Población y Vivienda 1985
Censo General de Población y Vivienda 1990
Censo General de Población y Vivienda 1995
Censo General de Población y Vivienda 2000
Censo General de Población y Vivienda 2010
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/default.aspx>
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Diccionario de datos de erosión del suelo
40 paginas
2011
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Industria minerometalúrgica
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/minbol.asp>
2011
México
51 paginas

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

La minería en México
<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>
2010
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Mapa Digital de México
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>
2011
México

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA (INEGI)

Perspectiva estadística Colima
2011
México
94 paginas

INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL

Enciclopedia de los Municipios de México
<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/Colima/>
Gobierno del Estado de Colima
2005
México

IRK INTERNATIONAL S.A. DE C.V.

Exploración minera de los yacimientos ferrosos en los lotes Minatitlán y Laura
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
2008
Villa de Álvarez, Colima, México
51 paginas

JEREMY RICHARDS

Sustainable Development and the Mineral Industry
Publicacion SEG Newsletter, Society of Economic Geologists, Nº 48
Departamento de Ciencias de la Tierra y Atmosféricas
Universidad de Alberta
Enero 2002
Canadá
9 paginas

JIMÉNEZ, CAROLINA, et. al.

Restauración de minas superficiales en México
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
2006
México
90 paginas

JIMÉNEZ CISNEROS, BLANCA E.

La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología
Instituto de Ingeniería, UNAM
Editorial LIMUSA
2001
México
925 paginas

JIMÉNEZ ROMÁN, ARTURO

Estudio Hidroclimático de la cuenca del Río Marabasco
Boletín del Instituto de Geografía, UNAM
1981
México
45 paginas

JOHN G. RAU, et. al.

Environmental impact analysis handbook
Editorial McGraw Hill
1980
New York
642 paginas

L.F. VASSALLO, PH. D.

Yacimientos Minerales Metálicos
Versión OnLine, Bol-e
4° Edición
Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
2008
Querétaro, México
134 paginas

LARA VILLA, MIGUEL ÁNGEL

Origen, cantidad y destino de metales pesados en langostinos del Río Marabasco
Tesis grado de Maestría en Ciencias
Universidad de Colima
Facultad de ciencias
2003
Colima, México
79 paginas

LARRY W. CANTER

Environmental Health Impact Assessment
Pan American Venter for Human Ecology and Health
McGraw-Hill Education
1986
509 paginas

LARRY W. CANTER

Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas de elaboración de los estudios de impacto
Editorial McGRAW-Hill
2° edición
1999
México
841 paginas

LEÓN PELÁEZ, JUAN DIEGO

Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo
Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Ciencias Forestales
2003
Colombia
167 paginas

LILLO, JAVIER

Impactos de la minería en el medio natural
<http://www.escet.urjc.es/~jlillo/Efectos%20ambientales%20minería.pdf>
Universidad Rey Juan Carlos
2012
Madrid
35 paginas

LÓPEZ OCHOA, JOSÉ

Plan municipal de desarrollo 2009-2012
H. Ayuntamiento Constitucional de Minatitlán, Colima
2009
México
67 paginas

LÓPEZ OCHOA, JOSÉ

Primer informe de Gobierno
H. Ayuntamiento Constitucional de Minatitlán, Colima
2009
México
173 paginas

MALCOLMALLISON

Costa Rica anula concesión "CRUCITAS" de mina de oro a cielo abierto a solo 3 km del río San Juan
<http://malcolmallison.lamula.pe/tag/marcha-contra-mineria>
2011
Costa Rica

MARMOLEJO RODRÍGUEZ, ANA JUDITH et. al.

Total and labile metals in surface sediments of the tropical river-estuary system of Marabasco (Pacific coast of Mexico): Influence of an iron mine
CMBJ Peña Colorada S.A. de C.V.
Marine Pollution Bulletin Vol. 55: 459-468.
2006
9 paginas

MARTÍN ROMERO, FRANCISCO

Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de rocas, de Peña Colorada, en el manejo del drenaje ácido de la presa de jales
CMBJ Peña Colorada S.A. de C.V.
Instituto de Geología
2008
Minatitlán, Colima

MEDELLÍN MILÁN, PEDRO

Participación ciudadana en la evaluación de impacto ambiental, la experiencia canadiense
Publicado en Pulso, Diario de San Luis
Sección Ideas, página 4a
Universidad de San Luis Potosí
1999
México
4 paginas

MEIPI BETA, ESPACIOS COLABORATIVOS

San Quintín, Parámetros ambientales de la antigua zona minera
<http://www.meipi.org/sqmineroambiental.meipi.php>
2011
Francia

MINERA INVIERNO S.A.

Proyecto Mina Invierno, Plan de medidas de mitigación, Reparación y/o Compensación
Servicio de Evaluación Ambiental
<http://www.sea.gob.cl/>
Capítulo 6
2011
Santiago de Chile
23 paginas

MINERÍA & MEDIO AMBIENTE LTDA

Proyecto Explotación y Beneficio de Minerales Papomono plan de medidas de mitigación, reparación y/o compensación
Compañía Minera Latino-Americana Limitada
2008
Santiago de Chile
10 paginas

MINERALES DE PACIFIC COAST S.A. DE C.V.

Informe Preventivo del Proyecto minero Exploración Minera del lote Laura (102/00176)
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
2008
Villa de Álvarez, Colima
47 paginas

MINING WATCH CANADA

Mines Alert
<http://www.miningwatch.ca/>
2012
Canadá

MINISTERIAL COUNCIL ON MINERAL AND PETROLEUM RESOURCES

Mineral and petroleum exploration & development in australia a guide for investors
2010
6 paginas

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

Guía para la elaboración y revisión de planes de cierre de minas
Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros
2002
Perú
37 paginas

MORALES URRRA, ROBERTO, et. al.

Pueblos indígenas, recursos naturales y compañías multinacionales: hacia una convivencia responsable Estudio
Informe de Investigación
Fundación Carolina CeALCI
Serie de Avances de Investigación n° 40
2010
Madrid
126 paginas

MORELOS OCHOA, SALVADOR

Plan de educación ambiental para el Estado de Colima.
Academia Nacional de Educación Ambiental, AC.
2003
Colima, México
Paginas: 34 – 47 104 paginas

MURO RUIZ, ELISEO

La minería mexicana, su evolución, retos y perspectivas
Instituto de Investigaciones Jurídicas (UNAM)
2008
México
48 paginas

MUÑOZ, JOAQUÍN

La minería en México. Bosquejo histórico
Quinto Centenario N° 11, pags. 145-156
Universidad Complutense de Madrid
1986
Madrid
12 paginas

ORDÁZ, YOLANDA, ET. AL.

Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994, Parte III Industria Minera
Instituto Nacional de Ecología
http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=16
1994
México

OYARZÚN MUÑOZ, JORGE

Evaluación de Impactos Ambientales
Temas Ambientales
http://www.aulados.net/Temas_ambientales/Temas_ambientales_Index/Temas_ambientales.html
2008
Santiago de Chile
114 paginas

OYARZÚN MUÑOZ, JORGE

Planes de Cierre Mineros – Curso Resumido
Temas Ambientales
http://www.aulados.net/Temas_ambientales/Temas_ambientales_Index/Temas_ambientales.html
2008
Santiago de Chile
119 paginas

PADILLA VELARDE, ELOY, et. al.

Plantas Vasculares y vegetación de la parte alta del Arroyo Agua Fría, Municipio de Minatitlán, Colima
Acta Botánica Mexicana 84: 25-72
Universidad de Guadalajara
2008
Minatitlán, Colima
49 paginas

PALACIOS DONGO, ALFREDO

Planteamientos, artículos de opinión
<http://www.planteamientosperu.com/2010>
2010
Perú

PAVEZ, OSVALDO

Concentración Gravimétrica
APUNTES DE CONCENTRACIÓN DE MINERALES I
UNIVERSIDAD DE ATACAMA
DEPARTAMENTO DE METALURGIA, FACULTAD DE INGENIERÍA
2011
Santiago de Chile
107 paginas

PÉREZ ACOSTA, GUSTAVO RODOLFO, et. al.

Proceso de Cierre de Minas en México (Presentación)
Servicio Geológico Mexicano
México
2010
45 paginas

PINEDA HERNÁNDEZ, ROSARIO

Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina
Tesis de Doctorado en Ciencias
Universidad de Colima
2004
Tecomán, Colima
149 paginas

PRECIADO HERNÁNDEZ, JOSÉ ANTONIO

Diseño y aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en una mina a cielo abierto
Tesis grado de Maestría en Ciencias
Universidad de Colima
Facultad de contabilidad y administración de manzanillo
2001
Manzanillo, Colima
179 paginas

PRISA DIGITAL

Economía: producción minera, articulo
Kalipedia
http://mx.kalipedia.com/geografia-mexico/tema/mexico/economia-produccion-minera.html?x=20080510klpgeogmx_46.Kes
2011
México
4 Paginas

PROGRAMA DE DESARROLLO SOSTENIBLE LEADING PRACTICE PARA LA INDUSTRIA MINERA

Responsabilidad ambiental
Social Economic Environmental
Australian Government, Department of Industry Tourism and Resources
2006
Australia
65 paginas

PROGRAMA DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN ENERGÍA (PRIEN)

Identificar las mejores prácticas nacionales e internacionales en los ámbitos de procesos, Gestión y Tecnologías para el uso eficiente de la energía en la gran minería nacional
Instituto de Asuntos Públicos
Universidad de Chile
2009
Santiago de Chile
47 paginas

PROMÉXICO (INVERSIÓN Y COMERCIO)

Colima, Empleo Economía
México Investment Map
Secretaria de Economía
2011
México
4 paginas

RESTAURACIÓN DE MINAS SUPERFICIALES EN MÉXICO

La restauración de minas superficiales en México: diagnóstico y propuestas
Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ecología
2006
152 paginas
México

RICHARD B. CLEMENTES

Guía completa de las normas ISO 14000
Prentice-Hall
1° Edición
1996
Madrid
345 paginas

RUVALCABA URIBE, LEOPOLDO MARTÍN

Informe Preventivo en Materia de Impacto Mina "La Mariana" Aviso de inicio de actividades de proyectos en exploración minera directa
Asesoría Ambiental
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
2008
Minatitlán, Colima
46 paginas

SALLY JOHNSON

Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad
Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM)
2007
Reino Unido
172 paginas

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, ENRIQUE VALENTE, et. al.

Estructura, composición Florística y diversidad de especies leñosas de un bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra de Manantlán
Boletín de la sociedad Botánica de México Versión impresa 0366-2128
2003
México D.F.
19 paginas

SANTOS JALLATH, JOSÉ ENRIQUE

Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación
Tesis grado de Maestría en Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
2007
México D.F.
190 paginas

SARAH GILLINGHAM et. al.

The impact of wildlife-related benefits on the conservation attitudes of local people around the Selous Game Reserve, Tanzania
Environmental Conservation (Articulo)
Volume 26, Issue 03
England
1999
Páginas 218-228

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

<http://www.sct.gob.mx/>
2010
México

SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL (SEDESOL)

Catalogo de Localidades
Unidad de Microrregiones
Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>
2011
México

SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL (SEDESOL)

Diagnostico de la problemática de contaminación del Agua en el Estado de Colima
Resumen Ejecutivo
Instituto Nacional de Ecología
1993
México
75 paginas

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

Panorama Minero del estado de Colima
Servicio Geológico México (SGM)
Coordinación General de Minería (CGMINERÍA)
2011
México
46 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Estadísticas del Agua en México
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
1ª Edición
2008
México
231 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Informe de la Situación del medio ambiente en México, Suelos
Compendio de Estadísticas Ambientales
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/
2005
México

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, proyecto "El Rincón"
2011
Minatitlán, Colima, México
71 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular, proyecto "La Paistera"
2011
Minatitlán, Colima, México
68 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Informe preventivo de impacto ambiental para el proyecto de exploración minera directa en el predio "María"
2011
Minatitlán, Colima, México
40 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Manifestación de Impacto Ambiental del sector minero, modalidad particular, proyecto "Carlos III"
2011
Guerrero, México
329 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Manifestación de impacto ambiental particular "Vialidad y puente sobre el Arroyo Chandiablo Municipio de Manzanillo, Colima"
2011
Minatitlán, Colima, México
82 paginas

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Colima
Resumen Ejecutivo
http://www.colima-estado.gob.mx/transparencia/archivos/progrma_ordenamiento_ecologico_territorio.pdf
2010
México
159 paginas

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)

Red nacional de monitoreo de la calidad del agua
<http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/>
2002
México

SERRANO ÁLVAREZ, PABLO

La política pública gubernamental en el estado de Colima. Hacia la modernidad
Revista Clío, volumen 6, núm. 25
1999
México, Colima, México
48 paginas

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

<http://www.coremisgm.gob.mx/>
2012
México

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

<http://smn.cna.gob.mx/>
2010
México

SISTEMA INTEGRAL SOBRE ECONOMÍA DE MINERALES

Datos Económicos y Proyectos Mineros en Colima, México
Dirección de Promoción Minera
<http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/es/mineria-en-mexico/349-colima.html>
Servicio Geológico Mexicano
México
2010

SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA PETRÓLEO Y ENERGÍA

<http://www.snmpe.org.pe/>
2011
Perú

SOLUZIONA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Línea de Transmisión Eléctrica 230 kV del Proyecto SIEPAC-Tramo El Salvador
Estudio de Impacto Ambiental, 539-550
2007
República de El Salvador
12 paginas

SORIA CARRERAS, JUAN

Los residuos urbanos y asimilables, los residuos mineros
Consejería de Medio Ambiente
Junta de Andalucía
2003
Madrid
551 Paginas

SUBSECRETARÍA DE MINERÍA, COCHILCO, Y SERNAGEOMIN, C.

Evaluación Comprehensiva del Gasto Sector Minería
Ministerio de Minería
http://www.dipres.gob.cl/574/articles-94683_doc_pdf.pdf
2011
Santiago de Chile
694 paginas

TERNIUM MÉXICO S.A. DE C.V.

Peña Colorada, 2011
Producción
2011
Minatitlán, Colima, México
1 pagina

TERNIUM MÉXICO S.A. DE C.V.

Sumando fortalezas en México
Comunicados, boletín
<http://www.ternium.com/news/pr>
2009
Minatitlán, Colima, México
16 paginas

THE MINING ASSOCIATION OF CANADÁ

Hacia una Minería Sustentable 101: Un Manual
2010
Canadá
16 paginas

TRITLLA, J. et. al.

Estructura y edad del depósito de hierro de Peña Colorada (Colima): un posible equivalente fanerozoico de los depósitos de tipo IOCG
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 20, núm 3, p. 182-201
2003
México
20 paginas

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Guía Ambiental Para el Cierre y Abandono de Minas
2005
Perú
37 paginas

UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

Mapa de los regímenes de drenaje y la erosión del suelo, México
http://mapas.owje.com/1368_mapa-de-los-regimenes-de-drenaje-y-la-erosion-del-suelo-mexico.html
Texas libraries
2012
Estados Unidos

URIBE RAMOS, JUAN MANUEL

Evaluación de la degradación antropogénica del suelo utilizando sistemas de información geográfica: caso cuenca campo uno, Cerro Grande
Tesis grado de Maestría en Ciencias
Universidad de Colima
Facultad de Ingeniería Civil
2003
Coquimatlán, Colima, México
118 paginas

VARELA, FREDERIC

Foro de Minerales
<http://www.foro-minerales.com/forum/>.
2012

VELASCO TREJO, J. ANTONIO, et. al.

Evaluación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales, primer informe del proyecto
Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
2004
México
46 paginas

WEITZENFELD, HENYK

Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud de acciones proyectadas
Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
División de Salud y Ambiente
Organización Panamericana de la Salud
Segunda Edición
1996
Metepc, Estado de México, México

ZEPEDA, OSCAR

El sismo de Tecomán, Colima del 21 de enero del 2003 (Me 7.6)
Capítulo 1 "Marco Geoestadístico"
Centro Nacional de Prevención de Desastres
2003
Colima, México
261 paginas