Revista de Medio Ambiente Minero y Minería 6 (2): 41 – 53, Diciembre 2021. ISSN 2519-5352

IMPACTOS AMBIENTALES POR LA EXPLOTACIÓN DE MINAS DE OBSIDIANA UBICADAS EN JALISCO, MÉXICO

José de Jesús Bernal-Casillas[1*], Walter Ramírez-Meda[1], Raúl López-Castillo[1], Gilberto Íñiguez-Cavarrubias[2] y Luis Alberto López-Tejeda[1]**
[1]Universidad de Guadalajara, CUCEI, Depto. Ingeniería de Proyectos, México.
[2]Universidad de Guadalajara, CUCEI, Depto. de Madera, Celulosa y Papel, México
* jose.bernal@cucei.udg.mx; ** walter.ramirez@cucei.udg.mx

RESUMEN

Este estudio revisa las condiciones de explotación de un banco de obsidiana ubicada en el poblado de Las Navajas, Jalisco, México. Los principales impactos ambientales encontrados fueron la modificación al paisaje, y en menor medida, daños a la topografía relacionados con la operación de la maquinaria y vehículos empleados. Los impactos benéficos están principalmente en el ámbito socioeconómico, tanto en la generación de empleos como otros beneficios económicos. Además, se proponen medidas de mitigación basadas en el seguimiento de las acciones de estabilización de taludes y reforestación de las zonas afectadas.

Palabras clave: obsidiana, impacto ambiental, minas Jalisco.

ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM THE EXPLOITATION OF OBSIDIAN MINES LOCATED IN JALISCO, MEXICO

ABSTRACT

This paper reviews the operating conditions of an obsidian bench located in the town Las Navajas, Jalisco, Mexico. The main environmental impacts are the modification to landscape and damage to topography due to the operation of the machinery and vehicles. Positive impacts are mainly in the socioeconomic field: generation of jobs and other economic benefits. In addition, the study proposes mitigation actions for the slope stabilization and reforestation actions in affectation areas.

Key words: obsidian, environmental impact, mines Jalisco.

1. INTRODUCCIÓN

La historia de la minería en México está marcada por muchas irregularidades, desde las explotaciones durante la colonia que empleaban la mano de obra de esclavos y métodos rudimentarios, hasta la evolución a grandes empresas mineras nacionales y extranjeras. Estas corporaciones han hecho del país uno de los principales productores mundiales de minerales metálicos y no metálicos, con exportaciones a varios continentes. La explotación de minerales no metálicos está enfocada principalmente en las explotaciones de calizas, derivados y otros productos.

La actividad minera en México ha experimentado un importante desarrollo en el último cuarto de siglo impulsado por el aumento de los precios internacionales de los metales. Este desarrollo, sin embargo, presenta importantes claroscuros, el auge del empleo y el incremento de las remuneraciones como los dos aspectos más positivos. En contraste, los impactos ambientales negativos como los polvos generados en las diferentes etapas de extracción, y la baja remuneración en la minería no metálica (Casado Izquierdo y Sánchez Salazar).

En la minería no metálica, los impactos ambientales negativos están relacionados generalmente con la minería a cielo abierto: contaminación por polvos y ruido, disminución

de la calidad de paisaje, modificación a la geomorfología, generación de residuos, pérdida de capa orgánica, modificación de la topografía natural, caminos de penetración, pérdida de cubierta vegetal y modificación del hábitat (SEMADET).

La explotación de minerales no metálicos para uso artesanal y decorativo es una actividad que en la región Valles del estado de Jalisco, México, agrupa a numerosos trabajadores que emplean técnicas de pequeña minería artesanal.

La obsidiana se ha explotado desde el paleolítico, para la elaboración de artículos punzocortantes como cuchillos y puntas de flecha entre otros; actualmente este material se usa para realizar artesanías tales como llaveros, pisapapeles y diversas figuras decorativas.

1.1 La Obsidiana

La obsidiana es roca volcánica vítrea formada a partir de lava enfriada y solidificada. La obsidiana, como mena, es un vidrio negro brillante, que puede ser verde, plateado, dorado y café (Mateos).

El origen de estos yacimientos es volcánico y es causado por el enfriamiento rápido de las lavas que no permiten que este llegue a cristalizar como parte integral de la roca, y entonces se forman concentraciones de vidrio volcánico amorfo. El espesor es variable, pero predomina un promedio de 2.0 (SGM).

La concesión debe entenderse para el sector de minería como el lote minero que se otorga a personas físicas de nacionalidad mexicana; ejidos y comunidades agrarias; pueblos y comunidades indígenas; y sociedades constituidas de acuerdo con las leyes mexicanas, sobre terreno libre y al primer solicitante que cumpla las condiciones y requisitos para explotar minerales o sustancias referidos en el Art. 4 de la Ley Minera, así como las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de éstas. Las concesiones mineras conferirán derechos sobre todos los minerales o sustancias, sujetos a la aplicación de la Ley Minera, tendrán una duración de cincuenta años, contados a partir de la fecha de su inscripción en el Registro Público de Minería y se prorrogarán por igual término si sus titulares no incurrieron en las causales de cancelación previstas en la Ley Minera y lo solicitan dentro de los cinco años previos al término de su vigencia (EITI MX-SHCP).

1.2 Marco legal en México

El gobierno mexicano, en atención al régimen jurídico aplicable a la minería, es el responsable del dominio directo de todos los recursos minerales, su exploración y aprovechamiento solo pueden realizarse mediante asignaciones y concesiones mineras, las cuales son otorgadas por el Ejecutivo Federal.

La exploración, que tiene por objeto identificar y cuantificar los recursos minerales potenciales de la nación, la lleva a cabo el Servicio Geológico Mexicano (SGM) por medio de asignaciones mineras, las cuales al término de 6 años improrrogables podrán o no salir a concurso dependiendo del potencial geológico identificado.

En cuanto a las concesiones mineras, la Secretaría de Economía (SE) otorga un título de concesión para explorar y explotar, sobre terreno libre al primer solicitante que cumpla con los requisitos estipulados en la Ley Minera, teniendo una vigencia de 50 años prorrogables por un tiempo igual, siempre y cuando el titular se encuentre al corriente en sus obligaciones.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas (SEMARNAT).

La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se trata de un documento con base en estudios técnicos con el que las personas (físicas o morales) que desean realizar alguna de las obras o actividades previstas en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), analizan y describen las condiciones ambientales anteriores a la realización del proyecto con la finalidad de evaluar los impactos potenciales que la construcción y operación de dichas obras o la realización de las actividades podría causar al ambiente y definir y proponer las medidas

necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión).

1.3 Descripción del proyecto minero

El estudio de los impactos ambientales, en su modalidad preventiva, está centrado en el proyecto de explotación de un banco de obsidiana en Navajas, poblado de Tala en Jalisco, México. Las actividades principales del a considerar en este estudio son la extracción de obsidiana, apertura de caminos. La vida útil estimada del proyecto es de 50 años.

El proyecto tiene como objetivos, identificar y evaluar los impactos ambientales ocasionados por las labores de extracción de mineral de obsidiana en forma artesanal en la región del poblado Navajas, Jalisco, México. Además, proponer las medidas de mitigación y los planes de abandono de los sitios impactados por la extracción de mineral de obsidiana.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se aplica la matriz de Leopold, desarrollada por Luna B. Leopold *et al*., en 1971. Esta matriz tiene en el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones. Este formato provee un examen amplio de las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales (Ponce).

El texto de la EIA es un análisis de asignación de números de magnitud e importancia de los impactos. Debe incluir una discusión de las principales características de las acciones del proyecto y de los ecosistemas afectados. Debe incluir una descripción de la geografía, el entorno físico, la flora, la fauna, el clima y otros datos importantes del medio ambiente en donde se ejercen las acciones del proyecto. La profundidad del debe ser el necesario para evaluar el impacto ambiental (PROFEPA).

Para la caracterización de las muestras de suelo se aplicaron los métodos fisicoquímicos de Bouyoucos, Walkey-Black, Morgan y métodos potenciométricos.

La identificación de la fauna y flora silvestre se realizó a través de la observación directa, por biólogos, en las zonas de interés. Además, se usó las referencias de cartografías e informes técnicos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La descripción del medio socioeconómico se realizó consultando las bases de datos de los censos de población y actividad económica elaborados por el INEGI.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Localización y características del sitio

El municipio de Tala está ubicado en el centro occidente de Jalisco a 43 km oeste de la ciudad de Guadalajara, capital del estado. Las coordenadas extremas son 20°90’00’’ latitud norte y 103°29’00’’ longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Arenal y Zapopan; al sur con Acatlán de Juárez, Villa Corona y Zapopan; al oeste con Teuchitlán y San Martín Hidalgo; al este con Tlajomulco de Zúñiga y Zapopan. Las localidades más importantes de Tala son El Refugio, San Isidro Mazatepec, Castro Urdiales (Pacana), Cuisillos, Ahuisculco, Navajas, San Juan de los Arcos, Cuxpala, La Villita, San Ignacio Carboneras, el Platanar (SEMADES).

El clima es semiseco, en invierno y primavera secos y semicálidos, sin un cambio invernal definido. La temperatura media anual es de 23.3°C con una máxima de 29°C y una mínima de 12.1°. El régimen de lluvias comprende un periodo de 4 meses aproximadamente, que inicia entre los meses de mayo y junio, con una terminación en los meses de septiembre u octubre, con una precipitación media anual de 1,064.7 mm. Los meses más secos comprenden los meses de marzo a abril. Los vientos soplan preferentemente al noreste. El promedio de días con heladas es de 3.2.

La zona considerada para el estudio de los impactos ambientales de los procesos de extracción está ubicada en la comunidad de Navajas. En clima de esta zona de acuerdo al sistema Köppen es A(W)O semicálido, subhúmedo, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 18°C y 22°C, cuyos meses más cálidos son mayo y junio. Los meses más fríos son

diciembre y enero, con una oscilación de temperatura promedio anual de 5 a 7°C.
La precipitación en la zona es de 800 a 1,000 mm anuales. La temporada de lluvia inicia en el verano hasta parte del otoño (de mayo a octubre), con un 5% de esta precipitación como lluvia invernal. La temporada de sequía abarca de noviembre a abril.
La mayoría de las vías de comunicación en la zona de estudio son caminos de tercería, en otras palabras, son caminos usados para moverse entre sembradíos.

3.2 Descripción del medio biofísico

El suelo es el resultado de la interacción de varios factores medioambientales y fundamentalmente del material parental. Los principales suelos de la región de acuerdo a la clasificación de FAO-UNESCO son de tres tipos predominantes feozem háplico, regosol y vertisol pélico.
Feozem háplico (Hh) son suelos que tienen las características generales de la unidad, de color negro o grisáceo, con acumulación de arcilla en el subsuelo y abundante contenido de materia orgánica; regularmente son de buena fertilidad y moderadamente ácidos, con una erodabilidad variable. Los usos posibles, la productividad y la tendencia a la erosión dependen de los factores que se han detallado para todos los feozem. Se localizan principalmente en mesetas, lomeríos suaves.
Regosol (R). Denominación de la capa de material suelto que cubre la roca. Se caracterizan por presentar capas distintas. Por lo general, son claros y se parecen a la roca que los subyace cuando no son profundos. Se encuentran en playas, dunas y, en mayor o menor grado, en las laderas de todas las tierras mexicanas. Muchas veces acompañados de litosoles y de afloramientos de roca y tepetate. Frecuentemente son someros, de fertilidad variable y su uso agrícola está condicionado a su profundidad y al hecho que no presenta pedregosidad. Principalmente en las sierras, encuentra su uso es pecuario y forestal con resultados variables, en función de la vegetación existente. Suelo caracterizado por su escaso desarrollo, no presenta horizontes definidos, generalmente son pedregosos de poca profundidad, poco fértiles en relación a los nutrientes, pero conducen eficazmente el agua hacia los acuíferos. Por lo regular, sustentan vegetación poco exigente o rústica.
El municipio tiene una superficie de 38,924 ha, de las cuales, 19,154 ha son utilizadas con fines agrícolas, 7,467 ha en la actividad pecuaria, 5,029 ha son de uso forestal urbano y, 6,684 ha tienen otro uso. Específicamente en la zona de estudio, una extensión de 7,107 ha son de posesión privada y 31,817 ha son ejidales; no existiendo propiedad comunal. Es importante resaltar que no existe erosión en la zona de interés.
Los resultados de las propiedades físicas y de fertilidad de las muestras de suelo recolectadas en la zona de extracción de obsidiana indican que hay tres perfiles A, B y C, ver Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de las muestras de suelo.

Determinación	Perfil		
	A	B	C
Profundidad, cm	Método Bouyoucos		
Textura Arena %	45.95	20.95	40.95
Arcilla %	21.0	57.05	41.05
Limo%	36.0	22.0	18.0
Agua aprovechable %	20.0	36.0	27.0
Clasificación textura	F	R	R
Materia orgánica %	Método Walkey-Black		
	0.446	0.525	0.185
Fertilidad	Potenciómetro y método Morgan		
pH	5.13	5.27	5.94
Nitrógeno nítrico, mg/kg	20	10	20
Nitrógeno amoniacal, mg/kg	12	12	35
Fósforo, mg/kg	12	12	25
Potasio, mg/kg	120	250	250
Calcio, mg/kg	500	500	500
Magnesio, mg/kg	25	25	50
Manganeso, mg/kg	3	3	5

a) Hidrología

No existen en el predio y sus alrededores cuerpos de agua o cuencas, arroyos de temporal o permanentes, embalses, pozos y manantiales. No hay escorrentías y gastos hidráulicos en el sitio del proyecto.

b) Vegetación

En la zona predominan los bosques de *Quercus* o encinares que son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de

México. Además, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de las áreas de clima templado y semihúmedo. No se limitan, sin embargo, a estas condiciones ecológicas, pues también penetran en las regiones de clima caliente, pero en estas últimas asumen con frecuencia la forma de matorrales. El rango de altitud en que se encuentran varía entre 1,200 y 2,800 msnm. Constituyen un elemento dominante de la vegetación de la Sierra Madre Oriental, pero también son muy comunes en la Sierra Madre Occidental, en el eje volcánico trasversal, en la Sierra Madre del Sur, en las sierras del norte de Chiapas y Baja California.

Este tipo de vegetación se presenta en la zona de estudio, como un bosque natural, que solo ha sido afectado por la tala de hace varios años y de los incendios forestales. El bosque es disperso con árboles que no pasan los 15 o 20 m de altura, con diámetros entre 10 a 20 cm. En la Tabla 2 están enlistadas las plantas encontradas en la zona del proyecto, además de 35 encinos y robles con un diámetro menor a 20 cm con altura promedio de 15 m, sólo en manchones.

El daño potencial de la extracción es superficial, sólo algunos ejemplares que deban ser removidos en la primera etapa del proyecto, ya que se busca causar el mínimo daño posible y los que sean removidos serán utilizados para leña.

Tabla 2. Plantas encontradas en la zona del proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Uso
Quercus resinosa	encino	madera
Quercus magnolifolia	encino	madera
Verbesina crocata		ornamental
Phytolaca icosandra	congeran	medicinal
Stachys aff. coccinea		medicinal
Opuntia sp.	nopal	alimenticia
Bidens pilosa	aceitilla	medicinal
Hytis seemannii Gray	castillito	medicinal
Calliandra houstoniana (Mill.) Standl.		ornamental
Elytraria imbricata		maleza
Sanvitali procumbens	ojo de perico	maleza
Verbesina greenmannii	capitaneja	medicinal
Lasianthea racemosa		maleza
Rhynchelytrum repens	piojillo	maleza
Stevia serrata	hierba del gusano	medicinal
Salvia polystachia	salvia	medicinal

c) Fauna silvestre

Las especies animales silvestres observadas en diferentes transectos de campo se encuentran listadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Animales silvestres encontrados en la zona.

Nombre científico	Nombre común
Dasypus-novenacinctus	Pájaro carpintero
Coragys atratus	Zopilote
Tylo alba	Lechuzas
Falco-peregrina	Locotones
Cathartes aura	Aura
Corvus corax	Cuervo
Buteo jamaicensis	Águila cola roja
Falco eregrinus	Halcón peregrino
Falco sparverius	Halcón cernícalo
Claravis pretiosa	Tórtola
Zenaida macroura	Torcacita
Geococcyx californianus	Correcaminos
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca
Dasypus-novenacintus	Armadillo
Didelphisopussum	Tlacuache
Caucs-lartrans	Coyote
Urocyoon-cinereosgenreus	Zorro gris
Lynx-fufus	Gato montés
Sylvilagus Sp.	Conejos

d) Medio socioeconómico

En los estudios de impacto ambiental de cualquier proyecto es importante, no pasar por alto el componente humano, ya que es el principal factor trasformador de la naturaleza y desarrollo económico y cultural de un país. La población total, su ritmo de crecimiento y la composición por edades deben ser considerados, desde el punto de visto económico, como fuentes de generación de la fuerza de trabajo y como factores que contribuyen a conformar patrones de consumo e inversión. A medida que la densidad de la población aumenta, las sociedades se hacen más complejas, incluso la demanda de bienes y servicios provenientes de los recursos forestales puede llegar a superar su oferta, por todo lo anterior, es importante conocer las condiciones sociopolíticas y económicas de la población.

El Conteo de Población y Vivienda 2005 efectuado por INEGI asienta que el estado de

Jalisco habitaba 6,752,113 personas: 3,281,527 hombres 3,470,586 mujeres. En el poblado Las Navajas habitaban 1,922 personas: 940 hombres y 982 mujeres. En materia educativa Jalisco ostentaba un promedio general de escolaridad de 8.4 años. Las Navajas tenía un promedio de escolaridad de 5.64 años.

Conforme al Censo Económico INEGI 2004, las actividades económicas que concentraban la mayor cantidad de personas ocupadas corresponden al comercio al por menor (45.7%), industrias manufactureras (25.6%) y servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (7.4%), principalmente.

3.3 Identificación de los impactos

Para la identificación de los impactos ambientales del proyecto en la zona en particular, se usa la metodología de la matriz de impactos. El proyecto de explotación es dividido en tres etapas para su análisis en tres acciones primordiales:

a) selección y preparación del banco de obsidiana;
b) operación y mantenimiento; y
c) abandono del sitio.

Se identifican aquellos impactos adversos que tienen un nivel significativo (alto o bajo), y que pueden tener una duración de corto, mediano o largo plazo. Por otro lado, también se identifican aquellos impactos benéficos que arrojara la ejecución del proyecto y cuyos impactos pueden ser significativos (alto o bajo) y con una duración de corto, mediano o largo plazo.

Existen algunas actividades para las cuales es difícil identificar los posibles impactos potenciales, por lo que para éstas se indica que el posible impacto se desconoce.

El listado y la descripción de los impactos que se mencionan se han hecho con base en observaciones directas que se realizaron durante las visitas que se hicieron al predio. Igualmente, se tomaron muestras de flora, y porciones de tierra del lugar para su identificación y posterior clasificación y análisis, y se anotaron las diferentes especies de fauna observadas y aquellas mencionadas por la bibliografía y las observadas por los habitantes de la comunidad.

Posterior a la identificación de los impactos, se presenta un listado de las medidas de mitigación que se proponen para atenuar lo mejor posible aquellos impactos que se consideren negativos tanto para el ambiente natural como para los habitantes de la comunidad. En la Tabla 4 revisar la matriz de impactos, en Tabla 5 y Tabla 6 están las descripciones de los impactos con sus respectivas medidas de mitigación propuestas.

La calendarización, tanto de las actividades que se realizarán para la explotación del banco como de las medidas de mitigación, dependerá del momento en que se inicien las obras, lo cual no fue especificado por el propietario del predio, ya que depende en gran medida de la disponibilidad de recursos económicos.

En la etapa de selección y preparación del banco de obsidiana, los impactos adversos son, en su mayoría, de nivel bajo significativo y con duración de corto y mediano plazo. A excepción de los impactos sobre la estética del paisaje que se consideran de nivel adverso alto significativo y con duración en el largo plazo. Por otro lado, en el ámbito socioeconómico, se consideran mayormente impactos benéficos tantos de nivel bajo significativo para la calidad de vida; pero, sobre todo, de nivel alto significativos por la generación de empleos en la comunidad, con una duración de corto y mediano plazo en esta etapa.

En lo que se refiere a la etapa de operación y mantenimiento, los impactos adversos identificados son, en general, de un nivel bajo significativo y una duración de corto y mediano plazo. Exceptuando la generación de ruido y las emisiones al aire que, durante esta etapa, son provocadas por la maquinaria y los camiones que trasladan el material, se consideran como impactos adversos altos significativos y con duración de largo plazo. Ahora bien, los impactos benéficos en esta etapa se dan principalmente en el ámbito socioeconómico, tanto en la generación de empleos como en la generación de divisas por la venta del material; este último se traduce en mejor calidad de vida para los habitantes de la comunidad.

3.4 Medidas de mitigación propuestas

Para el proyecto de explotación del banco de obsidiana se recomiendan, como medidas de mitigación general, la extracción preferentemente en aquellos bancos de material que ya se encuentren en explotación. Esto evita las

afectaciones a la vegetación, a la fauna y al uso del suelo.
Con respecto a la hidrología, minimizar con obras de ingeniería las modificaciones a los patrones de drenaje, con el objeto de no alterar las características de los mantos freáticos (si existieran).
Conforme con las actividades planteadas en el proyecto, la mayor parte de los impactos tienen incidencia en la generación de material particulado, por tratarse de obras que incluyen excavaciones, movimientos de tierras, perforaciones y transporte de material mineral. Por ello, se proponen las siguientes medidas eficaces y sencillas para minimizar la generación de polvo:

- El humedecimiento de la tierra removida, así como de las pilas de depósito de material extraído, porque con los vientos de la zona se provoca el levantamiento de material particulado.
- Humedecer el material transportado en la tolva de los camiones y protegerlo con una malla adecuada, con el fin de minimizar el efecto de dispersión del material particulado.
- En lo posible, mantener húmedas las vías de comunicación a los frentes de trabajo para reducir los polvos generados por la circulación de vehículos.

Realizar inspecciones diarias de los equipos y maquinaria que se usan, para detectar fugas o emisiones de gases y humos de los camiones; además, llevar ejecutar un programa de mantenimiento preventivo. Prohibir la quema de arbustos y de basura.
En cuanto a los trabajos de despeje y extracción de tierras aplicar técnicas que eviten la erosión pluvial y desestabilización; y las cuales deben tomar en cuenta las condiciones específicas de pendiente y de vegetación predominante.
Planear los trabajos a realizar a fin de reducir las áreas de intervención. Planificar y controlar la preparación y habilitación de caminos para el tráfico de vehículos, y así, para evitar alteraciones innecesarias de los terrenos.

Considerar un diseño adecuado de taludes de tajo con base en las características geotécnicas del área, de tal manera que se asegure la estabilidad de las paredes del mismo. Mantener la estabilidad física del depósito de desmonte, manteniendo taludes que aseguren la estabilidad en el largo plazo.
Establecer un diseño de drenajes apropiado para evitar la erosión durante las épocas de lluvias y arrastre del material vegetal.
Para las acciones específicas del proyecto relacionadas con la corta del arbolado, la selección, preparación y operación del banco de obsidiana se identificaron impactos específicos con sus respectivas medidas de mitigación (ver Tabla 7 y Tabla 8).

Asimismo, se identificaron impactos ambientales que fueron catalogados como no significativos, y para los cuales también se sugieren medidas de mitigación (ver Tabla 9).

3.5 Recomendaciones para el abandono

Aunque en el planteamiento original del proyecto se estimó una vida útil del proyecto de 50 años, no existe una fecha de término real. Por lo que, cuando el banco de material se agote, y se deba abandonar, se deben aplicar una evaluación del sitio para determinar los daños y el impacto que se deja por la explotación del banco. Una vez hecha la evaluación proceder a diseñar un proyecto de restauración del predio con base en los criterios y ordenamientos legales y técnicos que apliquen a la fecha.

Concluida la extracción del material es necesario mitigar los impactos mediante una reforestación con especies arbóreas adecuadas, de manera que el área no quede expuesta a la erosión. Asimismo, se recomienda instalar barreras de contención o albercas para retención de materiales y evitar la erosión.

En la etapa de abandono es recomendable (si existiera) rehabilitar las áreas ocupadas por los bancos de materiales con el objeto de recuperar sus condiciones originales de cubierta vegetal y fauna asociada, en la medida de lo posible.

Tabla 4. Matriz de impactos ambientales para las tres etapas de explotación del banco de obsidiana.

A= Impacto adverso alto significativo a= Impacto adverso bajo significativo B= Impacto benéfico alto significativo b= Impacto benéfico bajo significativo 1=Impacto con duración a corto plazo 2= Impacto con duración a mediano plazo 3= Impacto con duración a largo plazo ?= se desconoce			**Acciones del proyecto**								
			Selección y preparación del banco de obsidiana				**Operación y mantenimiento**				**Abandono**
			Localización	Exploración análisis y muestreo	Despalme y limpieza	Aflore del material	Excavación con equipo y/o manual	Excavación con explosivos	Explotación del material	Carga y descarga de material	Abandono
Componentes del ambiente		Aire		a/l	a/l	a/l	a/2		a/2	a/2	
		Ruido		a/l	a/l		a/2		a/2	a/1	
		Uso actual	B/3								
		Uso potencial	B/3								
		Composición									
	Agua subterránea	Calidad									
		Uso									
		Flujo									
		Superficial		a/l	a/l						
	Vegetación	Características		a/l	a/l						
		Especie de valor comercial		b/1							
	Fauna	Características									
		Composición			a/l	a/l					
	Paisaje	Estética		a/3	a/3	a/3	a/3		a/3	a/2	
	Rasgos socioeconómicos	Empleos		B/1	B/1	B/1	B/3		B/3	B/3	
		Dividas y/o economía							B/3	B/3	
		Calidad de vida		b/2	b/2	b/2	b/2		B/3	b/2	

Tabla 5. Identificación de los impactos al ambiente físico y las medidas de mitigación propuestas.

	Componente	Descripción del impacto	Medidas de mitigación
Ambiente físico	Relieve y/o suelo	-Alteración de la topografía por la preparación de vías de acceso, debido al corte y relleno generado por el movimiento de tierras. -Alteraciones topográficas por actividades de desbroce y preparación del terreno para el trabajo. -Pérdidas de suelo por actividades de desbroce del terreno y preminado en preparación de tajos. -Aceleración de procesos de erosión asociados a factores como topografía del área y su pendiente. -Por exposición completa a la luz solar, se presenta una reducción de la microflora y microfauna. -Aumento de la temperatura del suelo. -Aumento de erosión laminar por incremento de escurrimientos superficiales.	-Las actividades a realizar en esta etapa deben planificarse a fin de reducir las áreas de intervención. -Planificar y controlar la preparación y habilitación de caminos para el tráfico en general, para evitar alteraciones innecesarias en los terrenos. -Para de erosión de los escurrideros generados durante los eventos de tormenta. -Las medidas de prevención deben contemplar la inclinación adecuada de vías de acceso e instalación de sistemas de drenaje cuando sea necesario.
	Aire	-Generación de material particulado por labores de preparación de vías de acceso internas. -Generación de material particulado por actividades de desbroce en el terreno y preminado en la preparación de tajos. -Generación de material particulado y gases de combustión por tránsito de vehículos y por viento en la zona de maniobras. -Generación de gases de combustión por el uso de maquinaria y vehículos.	-Para reducir las emisiones de material particulado regar las zonas generadoras de polvo durante la remoción de tierras. -Los caminos y las vías de acceso utilizadas durante la etapa de preparación deben ser regadas. -Controlar las emisiones de gases de vehículos. -Restringir la circulación fuera de los caminos de acceso establecidos. -Controlar la velocidad de vehículos que circulen dentro del área del proyecto.
	Ruido y vibraciones	-Incremento de niveles de ruido y vibraciones por actividades de preparación de los tajos. -Incremento de niveles de ruido y vibraciones por actividades de transporte de materiales y personas. -Incremento de los niveles de ruido y vibraciones por actividades de habilitación de vías de acceso al área de la mina.	-Debido a que no se espera que los niveles de ruido y vibraciones, generados en esta etapa por los vehículos y las máquinas, alteren los receptores de la zona no se consideran medidas de mitigación.
	Agua superficial	-No se esperan alteraciones en las aguas de este tipo debido a la lejanía o inexistencia de cuerpos de agua y por las dimensiones de las actividades en esta fase del proyecto.	-Impacto no existente.
	Agua subterránea	-*Idem*	-Impacto no existente.

Tabla 6. Identificación de los impactos al ambiente biológico y a los rasgos socioeconómicos, y las medidas de mitigación propuestas.

	Componente	Descripción del impacto	Medidas de mitigación
Ambiente biológico	Flora	-Pérdida de cobertura vegetal como consecuencia de la habilitación de vías de acceso para el acarreo del material. -Pérdida de la corteza vegetal como consecuencia de labores de preparación de tajos. -Tala de árboles como consecuencia de la preparación del terreno para los tajos (dentro del área de influencia del proyecto). -Pueden presentarse problemas de regeneración natural. -Establecimiento de vegetación secundaria no deseaba.	-Programa de manejo. -Rescate de semillas botánicas y partes vegetales. -Reforestación de áreas. -Cortinas rompevientos. -Utilización del arbolado en la comunidad.
	Fauna	-Pérdida de fuentes de alimento de la fauna, como consecuencia de la reducción de cobertura vegetal por las actividades de habilitación de vías de acceso para el acarreo del material. -Perturbaciones por la generación de ruido y vibraciones en las actividades de transporte y presencia humana que genera el ahuyentamiento de la fauna. -Desplazamiento temporal de alguna fauna a otras áreas, con la consecuente competencia con la ya establecida. -Pérdida temporal del hábitat y refugios de fauna por la superficie modificada.	-Planificar las obras, de tal manera, que se reduzcan los hábitats perturbados. -Prohibir totalmente las actividades de caza en el área, y en general, cualquier acción que pueda afectar a la fauna endémica y su hábitat. -Capacitar al personal sobre la fragilidad de los ecosistemas existentes y la importancia de realizar estas acciones teniendo en cuenta las políticas ambientales.
	Paisaje	-No se espera que estas actividades, en esta fase del proyecto, genere algún tipo de impacto sobre el paisaje.	-No existencia un impacto significativo.
Rasgos socioeconómicos	Empleos	-Generación de empleos temporales y otros permanentes.	-Contratación de personal de la comunidad.
	Divisas y/o economía	-Venta de productos de artesanías a comunidades, artesanos, municipio, estado y exportación.	-Contratos con la industria y secretarías de gobierno.
	Calidad de vida	-Mejores condiciones de vida para la comunidad en general.	-Invitación a la comunicad para que se integren a dicho proyecto.

Tabla 7. Identificación de los impactos provocados por la corta del arbolado usando motosierra, y las medidas de mitigación sugeridas.

Componente del ecosistema	Descripción del impacto	Medida de mitigación
Corta del arbolado con motosierra		
Vegetación	-El derribo de árboles puede causar daños en la regeneración natural. -Daños en la regeneración natural.	-Detener el árbol antes de su derribo al suelo y trasportarlo en grúa a los camiones. -Banco de germoplasma
Fauna	-El ruido ahuyenta a la fauna. -Interrupción de senderos para el tránsito de ciertas especies.	-Poner silenciadores en las motosierras
Suelo	-Erosión en canalillos por los arrastres de árboles. -Remoción de la capa orgánica. -Compactación del suelo en el sitio donde el árbol produce el impacto al caer.	-Que no caiga en el suelo, sino en plataformas. -Remover la capa orgánica y usar fertilizante orgánico para su regeneración.

Tabla 8. . Identificación de los impactos provocados por la selección, preparación y operación del banco de obsidiana, y las medidas de mitigación sugeridas.

Características del ambiente	Actividades de la obra	Identificación de impactos	Medidas de mitigación
Selección y preparación del banco de obsidiana			
A. Tierra			
1.Suelos	Despalme y limpieza	-Eliminación de la cubierta vegetal y suelo superficial. -Impacto irreversible y permanente.	-En la etapa de abandono se puede restituir el suelo.
B. Calidad de vida			
1. Empleos	Despalme y limpieza, afloje de material.	Generación de empleos.	Impacto positivo.
Operación			
A. Tierra			
1. Relieve	Excavación con explosivos y con equipo. Explotación, carga y trasporte del material.	-Disminución del recurso. -Impacto irreversible y permanente.	-Ninguno, sólo una adecuada selección del banco puede minimizar el impacto.
B. Agua			
1. Aguas subterráneas	Excavación con equipo y excavación con explosivos.	Modificación de los drenajes naturales.	-Ninguno, sólo una adecuada selección del banco puede evitar el impacto.
C. Flora			
1. Hierbas y pastos	Explotación, carga y trasporte de material.	-Eliminación de la flora característica. -Disminución de la productividad primaria de la vegetación aledaña en caminos de acceso a la zona de influencia del proyecto.	-Ninguno en la etapa de explotación, posible restitución en la etapa de abandono. -Utilizar vehículos cubiertos o manejar los materiales húmedos.

Tabla 9. Identificación de los impactos generales no significativos.

Características del ambiente	Actividades de la obra	Identificación de impactos	Medidas de mitigación
A. Tierra			
1. Recursos minerales, materia y suelos	-Localización, explotación, análisis y muestreo, despalme y limpieza, aflore de material, excavación con equipo, abandono.	-Agotamiento del recurso.	-Planeación adecuada del uso del recurso.
B. Agua			
Recarga de acuíferos, calidad y aguas subterráneas	-Explotación de material.	-Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos, con posible disminución del recurso.	-Durante la selección del sitio tomar en cuenta la información hidrológica del lugar.
C. Aire			
1. Ruido	-Excavación del material.	-Generación de ruido durante el uso de maquinaria y explosivos.	-Ninguno. Es un impacto significativo, pero de corta duración.
D. Flora			
1 Vegetación	-Exploración, análisis y muestreo, despalme y limpieza de material.	-Pérdida de la cubierta vegetal.	-Efecto reversible, sin embargo, hay que forestar y recolectar semillas para un banco de germoplasma.
E. Fauna			
Aves, animales e insectos	-Exploración, análisis y muestreo, despalme y limpieza de material.	-Desplazamiento de la fauna por pérdida del eslabón primario de la cadena alimenticia (vegetación).	-Restituir la vegetación como medida compensatoria en la etapa de abandono para crear nuevamente un hábitat para la fauna.
F. Estéticos y de interés humano			
1. Vistas panorámicas y paisajes	-Excavación con equipos, explotación de material, carga y trasporte de material.	-Pérdida de la armonía visual.	-Ninguna. Impacto reversible.
G. Servicios			
1. Red de transportes	Carga y trasporte de material.	-Creación de caminos de acceso.	-Evitar el paso cerca de poblaciones.

4. CONCLUSIONES

Los impactos adversos más importantes y con una mayor duración están en la modificación del paisaje, y en menor medida, en los relacionados con la operación de la maquinaria y vehículos empleados en las dos de las tres etapas consideradas.

Los impactos benéficos más importantes serán la generación de empleos y mejor calidad de vida para los habitantes de la comunidad.

La atenuación de los impactos adversos, que provocaría la realización de este proyecto, dependerá, en gran medida, de que se apliquen correctamente las medidas de mitigación sugeridas en este estudio; principalmente lo referente a modificaciones de patrones de drenaje

y estabilización de taludes para evitar derrumbes y deslizamientos de tierra peligrosos.

La explotación de obsidiana en este banco es pequeña y esporádica. El impacto al medioambiente no es significativo, por lo que es más importante elaborar un plan para el manejo de daños ocasionados por la explotación previa del banco antes de reactivar las siguientes etapas de explotación del proyecto actual.

REFERENCIAS

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. «Cámara de Diputados LXV Legislatura.» 2021. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA).* Electrónico. 11 de 2021. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>.

Casado Izquierdo, José María y María Teresa Sánchez Salazar. «Los mineros en el México neoliberal.» *Investigaciones geográficas* 98 (2019): 20. Electrónico.

EITI MX-SHCP. *Transparecia de las Industris Extrativas México (EITI MX)*. s.f. Electrónico. 11 de 2021. <https://eiti.transparenciapresupuestaria.gob.mx/swb/eiti/mineria>.

Mateos, Abraham. *Estudio de mercado de ls piedras preciosas*. Análisis del mercado de las piedras preciosas. Guadalajra: Informe redactado para SEPROE, 2005. Electrónico.

Ponce, Víctor Miguel Ponce. *Profr. Víctor Miguel Ponce Website*. 1999. Electrónico. <http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html>.

PROFEPA. *Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). Procuraduría Federal de Protección al Ambiente*. 2021. Electrónico. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/manifestacion-de-impacto-ambiental-mia>.

SEMADES. «Especificaciones cartográficas .» *Mapa zona de Tala Escala 1:70,000*. Ed. SIGSA, Gobierno de Jalisco SEMADES. Tala, Jalisco: INEGI , 28 de julio de 2001. 1.

SEMADET. *Minería*. noviembre de 2002. <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/PropuestaDeOrdenamiento/minera.htm>.

SEMARNAT. *Impacto ambiental*. 2021. Electrónico. <http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_R_IMPACTO00_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce>.

SGM. *Inventarios mineros. Servicio Geológico Mexicano*. 2021. Electrónico. <https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1407CAAA0001_02.PDF>.

Artículo recibido en: 05.10.2021
Artículo aceptado: 29.10.2021