



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Fecha: 05 de septiembre de 2023.

C. Jesús Eduardo Vázquez Cruz

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA MINERIA DEL ÁMBAR EN SIMOJOVEL DE ALLENDE,
CHIAPAS.

En la modalidad de: Informe Técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Mtro. Pedro Vera Toledo

Dr. Luis Alberto Ballinas Hernández

Firmas:

Ccp. Expediente



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



INFORME TÉCNICO

**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES EN LA MINERÍA DEL ÁMBAR EN
SIMOJOVEL DE ALLENDE, CHIAPAS.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA:
JESÚS EDUARDO VÁZQUEZ CRUZ**

**DIRECTOR:
DR. LUIS ALBERTO BALLINAS HERNÁNDEZ**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS SEPTIEMBRE DE 2023.



DEDICATORIA

A DIOS;

Porque gracias a él, he logrado concluir mi carrera
Y terminar este informe técnico;
Me ha dado la sabiduría y fortaleza para seguir adelante.

A MIS PADRES:

A quienes agradezco con todo el corazón y dedico mi informe técnico
Por haberme apoyado incondicionalmente,
Y no dejarme solo en mis momentos más vulnerables.

A MI HERMANO

Por estar conmigo en este año,
Por su compañía las noches de desvelos eran más tranquilas.

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

(UNICACH)

Por permitirme formar parte de ella,

Por todos los medios brindados que contribuyeron en mi formación académica.

A MIS AMIGOS;

A mis mejores amigos Nadxhieli y Christian, por estar siempre conmigo.

A Abril, Dania y Elián;

Por formar ese gran equipo que siempre fuimos.

Por su valiosa amistad que formamos en esta maravillosa etapa y;

Por las experiencias que vivimos dentro y fuera de la universidad.

A MI DIRECTOR;

Dr. Luis Alberto Ballinas Hernández

Por compartirme sus amplios conocimientos y enseñanzas que lo distinguen;

Por orientarme y brindarme todo su apoyo en mi investigación.

ÍNDICE GENERAL.

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 11 |
| II.1. Industria minera en México..... | 11 |
| II.2. Ámbar..... | 11 |
| II.2.1. ¿Qué es el ámbar?..... | 11 |
| II.2.2. Estructura del ámbar..... | 11 |
| II.2.3. Características del ámbar..... | 12 |
| II.2.4. Especificaciones y métodos de prueba de acuerdo a la NOM-152-SCFI-2003..... | 12 |
| II.2.5. Transformación del ámbar a la joyería..... | 14 |
| II.2.6. Potencial geológico..... | 14 |
| II.3. Minería de ámbar..... | 15 |
| II.3.1. Definición de la minería de ámbar..... | 15 |
| II.3.2. Panorama de la minería del ámbar en el mundo..... | 15 |
| II.3.3. Extracción del ámbar en Simojovel, Chiapas..... | 17 |
| II.3.4. Panorama minero en el estado de Chiapas..... | 19 |
| II.3.5. Panorama de la minería del ámbar en Simojovel..... | 22 |
| II.4. Impacto ambiental..... | 24 |
| II.4.1. Definición del impacto ambiental..... | 24 |
| II.4.2. Evaluación del impacto ambiental..... | 24 |
| II.4.3. Matrices para la identificación, cuantificación y evaluación del impacto ambiental..... | 25 |
| III. OBJETIVOS..... | 30 |
| IV. METODOLOGÍA..... | 31 |
| V. RESULTADOS..... | 33 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 36 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 37 |
| VIII. ANEXOS..... | 38 |
| Anexo 1. Tabla comparativa entre la minería del Carbón y del ámbar..... | 38 |
| Anexo 2. Entrevista aplicada a mineros de ámbar, en Simojovel de Allende, Chiapas..... | 39 |
| Anexo 3. Graficas de las entrevistas aplicadas..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Anexo 4. Bitácora fotográfica con descripciones en las distintas etapas de la extracción del ámbar en Simojovel..... | 41 |
| Anexo 5. Elaboración y resultados de la matriz Conesa de la extracción del ámbar en Simojovel..... | 48 |
| Anexo 6. Finalmente con los resultados obtenidos de la matriz, se proponen las siguientes medidas de mitigación y/o compensación según aplique..... | 51 |
| IX. REFERENCIAS CONSULTADAS..... | 54 |

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Países del mundo que extraen ámbar..... 17

Figura 2. Regiones mineras en el estado de Chiapas..... 20

Figura 3. Principales minas y bancos de material. 24

INDICE DE TABLAS.

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Especificaciones fisicoquímicas del ámbar. | 12 |
| Tabla 2. Regiones mineras. | 21 |
| Tabla 3. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental. | 28 |
| Tabla 4. Rango de los impactos. | 29 |
| Tabla 5. Principales Impactos Ambientales generados por la minería del Carbón y del Ámbar en México. | 38 |
| Tabla 6. Bitácora fotográfica con descripciones. | 41 |
| Tabla 7. Matriz identificación de impactos. | 48 |
| Tabla 8: Valor de la importancia. | 49 |
| Tabla 9. Importancia del impacto (I). | 50 |
| Tabla 10. Medidas de mitigación y/o compensación de la actividad minera de Ámbar. | 51 |

I. INTRODUCCIÓN

El ámbar es una resina vegetal fosilizada procedente de las exudaciones de diversas plantas, en México es producida por la especie de árbol llamado *Hymenaea mexicana* (*Hymenaea allendis*), leguminosa conocida como guapinol. [1] Dentro de las características generales está la fórmula química $C_{10}H_{16}O$ muestra que éste consta de un 79% de carbono, 10% de oxígeno, 11% hidrógeno, contiene también un poco de azufre y yodo. El Ámbar puede ser de color translúcido, blanco amarillento, naranja, amarillo miel, pudiendo presentar tonos rojizos o pardos. Puede contener en su interior pequeñas burbujas de aire o incluso contener insectos o plantas que quedaron atrapados en ella cuando fue producida. Su ablandamiento ocurre a 150 °C y se vuelve líquida a 250 °C. [2]

El ámbar está presente en diversos países del mundo tales como España, Francia, Polonia, Alemania, Rusia, México, República Dominicana y África. El primer lugar que se tiene registrado como una fuente original es en la región del Mar Báltico, también el primer ámbar trabajado por el hombre fue hace 30,000 años en Hannover, Alemania. Existen muchos tipos de Ámbar alrededor del mundo, pero los principales son el Ámbar báltico, el Ámbar Dominicano y el Ámbar de Chiapas, cada uno ha tenido una participación importante a lo largo de la historia. [3]

Los únicos yacimientos de ámbar conocidos en Mesoamérica se localizan en las tierras altas del norte y el centro de Chiapas, específicamente en los municipios de Simojovel, Huitiupán, Totolapa y Pantelhó [1]. En el estado de Chiapas se cuenta con los distritos mineros de Simojovel de Allende y Santa Fé–La Victoria, así como las zonas mineralizadas de Simojovel, Santa Fé–La Victoria, Pichucalco, Ostucán, Tecpatán, Tenejapa, Francisco I. Madero, La Jáquimas, Motozintla, Tolimán, Chicomuselo, La Libertad, Mapastepec, Arriaga, Tenejapa, Chenalhó, Comitán de Domínguez, algunos de los cuales han sido estudiados y en algunos casos evaluados (barrenación) por el SGM. Solo existe actividad minera en la región de Simojovel de Allende, en donde se explota ámbar, sin embargo, existe un gran número de bancos de agregados pétreos, que son utilizados como bancos de préstamo para construcción y revestimiento de caminos. [4]

Simojovel de Allende, se localiza en las Montañas del Norte, predominado el terreno montañoso, sus coordenadas geográficas son longitud -92.714167 y latitud 17.140000, su altitud es de 660 msnm, literal al norte con los municipios de Huitiupán y Sabanilla, al noroeste con Tila, al este con Chilón, al sur con los de El Bosque y Chalchihuitan, al sureste con Pantelhó, al oeste con Pueblo Nuevo Solistahuacán y al

suroeste con Jitotol, su extensión territorial es de 446.99 km² que equivale a 7.32% de la superficie de la región Norte y el 0.59% de la superficie estatal.

El marco legal del ámbar en México está de acuerdo al artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos el cual establece que las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originalmente a la nación, también corresponde a la nación el dominio directo de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos. [5]

La Ley Minera de 1992, es reglamentaria del artículo 27 constitucional que actualmente continúa vigente, la cual establece que se sujetarán a las disposiciones de esta ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de 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. [6] También se revisó, analizó e interpretó la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su respectivo reglamento. Para el caso del ámbar en México, la NOM-152-SCFI-2003 da sustento para la denominación de origen del Ámbar de Chiapas, además, esta norma establece las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir el Ámbar de Chiapas. [1]

Si bien, está claro que la minería ha transformado muchas economías, también ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente y, hasta cierto punto, en la sociedad. Algunos de los impactos negativos de la minería son la pérdida de la cubierta vegetal, la destrucción masiva de cuerpos de agua, la pérdida de biodiversidad, los cambios en el uso de la tierra, la inseguridad alimentaria, el aumento de los vicios, conflictos sociales, el alto costo de vida y la contaminación del aire. [7]

Con lo anterior, se hace evidente la alteración al ecosistema que rodea a la actividad minera, de acuerdo a [8] “la estructura forestal en el norte de Ucrania se ha visto alterada por la extracción ilegal de ámbar. Las operaciones de extracción de ámbar tienen un impacto dramático en los ecosistemas, que dañan los componentes florales y del suelo; sin embargo, todavía no se comprende claramente la magnitud del problema. Dado que hay una falta de registros históricos confiables de las áreas perturbadas por la minería del ámbar, la evaluación de su impacto en los servicios de los ecosistemas a lo largo del tiempo ha sido limitada. [8]

Con ello, se pone en evidencia las alteraciones que sufre el medio que rodea la actividad minera, la extracción de ámbar en Chiapas es realizada bajo procesos artesanales, no mecanizados. La gran cantidad de residuos mineros que se generan son de grandes volúmenes que sobrepasan la posibilidad de que sean absorbidos por el suelo, además de la remoción de materia vegetal al momento de iniciar una mina y abrir un camino para acceder a la zona. La minería del ámbar en Chiapas no se exenta de producir impactos ambientales, puesto que, están visibles las modificaciones que el medio ha sufrido a causa del aprovechamiento de ámbar.

Para la identificación de los impactos ambientales más comunes en la minería del ámbar, se aplicaron matrices cualitativas y cuantitativas. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica sobre el origen del Ámbar de Chiapas, sus propiedades físicas y químicas. De igual manera se aplicó una entrevista a mineros, artesanos, joyeros y comerciantes del ámbar para responder a nuestras dudas sobre sus registros históricos, su proceso de extracción, transformación y comercialización, y cuáles son los cambios que han observado que ha tenido el medio ambiente a causa esta actividad.

Para cuantificar los impactos ambientales más comunes se aplicó la matriz modificada Conesa de acuerdo a esta actividad, se buscaron los factores naturales más afectados, los cuales fueron los siguientes: suelo, aire, agua, paisaje, flora. Cuyos resultados fueron que presentan un impacto moderado en las distintas etapas que se realizan en la extracción de ámbar.

Por ello es necesario llevar acabo medidas correspondientes a la mitigación y/o compensación del daño causado, para esto, se propusieron las siguientes: cubrir la entrada de la mina para evitar que los materiales sean esparcidos hacia el exterior, de igual manera llevar los residuos mineros (cascajo) a un depósito para darle disposición final.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Industria minera en México

De acuerdo al artículo 27 de la Constitución es propiedad de la nación las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde a la nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma natural y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional. [5]

La Ley Minera de 1992 es reglamentaria del artículo 27 constitucional, en materia minera y sus disposiciones son de orden público y de observancia en todo el territorio nacional, su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Economía. Se sujetarán a las disposiciones de esta ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de 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. [6]

II.2. Ámbar.

II.2.1. ¿Qué es el ámbar?

Resina vegetal fosilizada procedente de las exudaciones de diversas plantas, en México es producida por la especie de árbol llamado *Hymenaea Courbaril*, leguminosa conocida como guapinol [1]. El Ámbar de Chiapas es un fósil de 23 millones de años, la resina permite ver detalles en 3D de los organismos que quedaron atrapados en ella. [2]

II.2.2. Estructura del ámbar.

La fórmula química del ámbar: $C_{10} H_{16} O$ muestra que éste consta de un 79% de Carbono, 10% de Oxígeno, 11% Hidrógeno, contiene también un poco de Azufre y Yodo. [1]

II.2.3. Características del ámbar.

Como resina de árbol fosilizada, el ámbar se compone de “terpenoides volátiles y no volátiles y / o compuestos secundarios fenólicos”, las resinas de árboles fósiles generalmente se dividen en cinco clases sobre la base de su estructura química, utilizando pirólisis-cromatografía de gases-análisis de espectrometría de masas (Py-GC-MS). La mayoría de las resinas fósiles se pueden atribuir a la Clase I o II, cada una de las cuales tiene esqueletos poliméricos, al igual que el ámbar mucho menos común de Clase III (poliestireno). Las resinas de Clase IV y V tienen esqueletos no poliméricos y, por lo tanto, no pueden formar verdaderos ámbares, lo que las hace extremadamente raras en el registro fósil. [1]

De acuerdo a esto y en definición del Servicio Geológico Mexicano el Ámbar de Chiapas es un producto natural y no un mineral debido a su origen orgánico y su estructura amorfa.

II.2.4. Especificaciones y métodos de prueba de acuerdo a la NOM-152-SCFI-2003.

Tabla 1. Especificaciones fisicoquímicas del ámbar.

| PARAMETROS | RESULTADOS | METODOS DE PRUEBA |
|--|---|-------------------|
| Termogravimétrico (TGA) | Inic. Desc. 218°C máx 397°C des t. 479°C | Inciso 9.1.1 |
| Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) | Desc. 270°C | Inciso 9.1.2 |
| Infrarrojo (IR) | Espectro característico del ámbar | Inciso 9.1.3 |
| Relación succinita/retinita, succínico/retinol | 0,19 ácido succínico/retinol | Inciso 9.1.4 |
| Solubilidad | Ver tabla 2 | Inciso 9.1.5 |
| Gravedad Específica | 1,08 g/cm ³ a 23°C | Inciso 9.1.6 |
| Análisis Dieléctrico (DEA) | E ^ε 4,675 | Inciso 9.1.7 |
| Conductividad eléctrica | Conductividad = 1,744x10 ohm/cm material aislante | Inciso 9.1.8 |
| Comportamiento con la luz ultravioleta | Cambio de color con luz uv de onda corta "azul blanquecina." Sin cambio con luz uv de onda larga | 9.1.9 |
| Fluorescencia | Azul a) una longitud de onda = 463 nm | 9.1.10 |
| Color | Pantone 100c -120c Amarillos Pantone Yellow U Amarillos Pantone 114 U Amarillos Pantone 471 tonos rojizos Pantone 481 tonos rojizos | 9.1.11 |
| Transparencia | % transmitancia = 95,7% % transmitancia = 95,4% | 9.1.12 |
| Indice de refracción | Igual a O-diclorobenceno n ²⁰ = 1,552 | 9.1.13 |
| Dureza | Shore D del ámbar es de 85,4 unidades. | 9.1.14 |

Fuente: NOM-152-SCFI-2003.

II.2.4.1. Métodos de prueba.

Infrarrojo (IR).

a) Aparatos y equipo

- Espectrofotómetro de infrarrojo

El equipo se calibra automáticamente cuando se enciende y sólo se verifica el patrón de ajuste.

b) Procedimiento

Pesar alrededor de 3 mg de muestra y se mezcla y muele perfectamente a 300 mg de bromuro de potasio (KBr) que servirá de soporte inerte para sostener la muestra para realizar el experimento, se prepara una pastilla de 5 mm de diámetro, la pastilla debe de ser transparente, si esto no ocurre se debe meter a secar en una estufa por 3 h a 80°C el KBr para que esté perfectamente seco y volver a preparar la muestra.

c) Expresión de resultados

Se obtiene el espectro característico y propio del ámbar, el cual concuerda con el espectro de otros tipos de ámbar reportados en la literatura. Este espectro servirá como estándar o referencia para el Ámbar de Chiapas.

Fluorescencia.

a) Aparatos y equipo

- Fluorómetro.

Los resultados obtenidos en el inciso 9.1.9 se utilizan como análisis preliminar para la fluorescencia.

b) Procedimiento

Se corta una muestra y se forma una pieza que tenga dos caras paralelas de más o menos 2 mm de espesor, las caras deberán estar libres de impurezas y cortes o defectos del ámbar, para evitar distorsión de los resultados, el tamaño no es muy importante pero se recomienda una pieza de 5 cm² o bien alargada, no importa que ésta no sea geométrica, lo importante es que se pueda manipular y colocar en el portamuestras del equipo.

c) Resultados

Con el resultado del experimento anterior, se selecciona la longitud de onda de excitación a 366 nm en el monocromador de excitación y se obtiene un máximo de emisión para la muestra a esa longitud de onda de excitación. Ahora se fija la longitud de onda del máximo de emisión de la muestra y se obtiene el espectro de excitación de la muestra que es de 352 nm. Una vez conocido el máximo del espectro de excitación, se fija esta longitud de onda en el monocromador de excitación y se obtiene el espectro de emisión de la muestra, en el cual se obtiene su máximo de emisión, que es de 463 nm y que corresponde al color azul, lo cual concuerda con el estudio anterior.

Para esta prueba, el máximo de emisión del ámbar es de 463 nm.

Fluorescencia = 463 nm (azul)

II.2.5. Transformación del ámbar a la joyería.

El proceso de transformación se lleva a cabo en los talleres de los artesanos, los cuales seleccionan las piezas por tamaño, las limpian para después seleccionarlas según la calidad, la cual depende de las fracturas que tengan. Los mineros ofrecen directamente el ámbar en bruto a los talleres de los artesanos, el cual se vende según el peso de la pieza, los artesanos seleccionan las piezas por tamaño y, posteriormente, a efecto de retirar la tierra y material ajeno adherido a la resina las sumergen en agua y proceden a limpiarlas, para después seleccionarlas según la calidad, la cual depende de las fracturas que tengan. Posteriormente, se lijan las piezas con lija de agua calibre 80 o 100, con la finalidad de quitarle impurezas pequeñas, para continuar con el proceso de corte en diferentes tamaños dependiendo de la figura que se pretenda realizar; cuando se han clasificado dichas piezas, se les da forma utilizando limas planas o curvas según sea necesario, una vez concluida la figura, se procede a lijar realizándolo con lija de agua utilizando los calibres del 320, 400 o 600 dependiendo la forma de la figura, posteriormente, se pule utilizando franela, pasta para pulir plata, y petróleo. Asimismo, el proceso de tallado del Ámbar de Chiapas puede ser manual, de tipo artesanal e industrial, también es importante conocer las características de las inclusiones del Ámbar pudiendo con ello decidir los cortes que se habrán de hacer para aprovechar al máximo las piezas, además de reconocer el color, sus tonalidades y el peso para decidir su cotización, el método de tallado se verifica visualmente. [1]

II.2.6. Potencial geológico

Un mineral es un sólido homogéneo con una composición química definida y una estructura cristalina ordenada, comúnmente es de origen inorgánico. Por lo que el ámbar no es un mineral debido a su origen orgánico y su estructura amorfa. Los árboles producen la resina como una protección contra

enfermedades e infestaciones de insectos, cuando la corteza de un árbol es herida debido a rotura o a un ataque por escarabajos de madera u otros insectos, bacterias u hongos. Después de exudar al exterior, la resina se endurece por polimerización en el interior de rocas arcillosas o arenosas, algunas veces calizas, que se formaban en zonas deltaicas de ríos, generalmente con mucha materia orgánica asociada, y se han conservado en su interior durante millones de años. [9]

En Europa, el ámbar se forma a partir de la resina del *Pinus Succinifera*. Las coníferas prehistóricas (*Pinus Succinifera*) que dieron origen al Ámbar Báltico, crecieron en un clima subtropical en lo que hoy es el norte de Europa. Debido a su peso ligero, el ámbar del Báltico fue un material fácilmente transportado durante la formación de depósitos en "capas".

Recientemente, se realizó el descubrimiento de un depósito de Ámbar de 95 millones de años, el primer descubrimiento importante de su tipo en el continente africano. En dicho depósito se encontraron nuevos hongos, insectos, arañas, nematodos e incluso bacterias que compartieron un ecosistema con los dinosaurios. El nuevo estudio, publicado en la edición actual de las Actas de la Academia Nacional de Ciencias, reconstruye un antiguo bosque tropical al descubierto en la actual Etiopía y es el trabajo de un equipo internacional de 20 científicos. No se había descubierto casi ningún depósito de Ámbar del Cretácico tardío en Gondwana, el supercontinente del hemisferio sur; Los depósitos de Ámbar del Cretácico importantes habían sido encontrados principalmente en América del Norte y en Eurasia. Los científicos encontraron que la resina que se filtró de estos árboles Cretácicos de Gondwana es similar químicamente al más reciente de los depósitos Ámbar del Mioceno que se encontraron en México y la República Dominicana. [10]

La importancia científica del ámbar radica en sus inclusiones animales y vegetales pues son indicadores de la fauna y flora del lugar y edad en el que se formó.

II.3. Minería de ámbar

II.3.1. Definición de la minería de ámbar.

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un yacimiento para obtener recursos de una mina, a través de la explotación o extracción de los minerales y/o resinas tal como el ámbar, acumulados en el suelo y subsuelo [4].

II.3.2. Panorama de la minería de ámbar en el mundo.

Los yacimientos de ámbar existen en diferentes puntos del planeta, en países como España, Francia, Polonia, Alemania, México, República Dominicana, África, pero los más grandes se encuentran en el

territorio de la actual región Rusa de Kaliningrado. El mayor de ellos se encuentra en la costa del Mar Báltico. Este yacimiento supone el 65% del mercado mundial del ámbar y es una cantera enorme repleta de esta sustancia preciosa [10]. Cabe mencionar que no todos los ámbares encontrados alrededor del mundo presentan la misma datación. Algunos de ellos son muy antiguos y datan de la época de los dinosaurios. [12].

El Ámbar Báltico se originó aproximadamente entre 30 y 40 millones de años, es un tipo de ámbar muy viejo. Se le conoce como Báltico porque es muy común que se encuentren en las orillas de la región Báltica cuyas principales minas se encuentran ubicadas en Polonia y Rusia. El ámbar de las regiones europeas se forma a partir de la resina del árbol (*Pinus succinifera*). Este tipo de ámbar forma el 80% del descubierto hasta el momento, se caracteriza principalmente por el ácido succínico que contienen las piezas y su dureza varía de 2 a 3 en la escala de Mohs. [3]

El Ámbar Dominicano proviene principalmente de la resina de árbol llamado (*Hymenaea protera*). Este tipo de ámbar tiene una cantidad de hallazgos de fósiles, gracias a eso los científicos han tenido la oportunidad de tener una mayor comprensión de cómo era la vida hace millones de años. La opacidad del Ámbar Dominicano es baja, se puede decir que es más transparente en comparación al Ámbar Báltico y Ámbar de Chiapas. Los colores que mayor predominan en el Ámbar Dominicano son amarillo y el color miel. La República Dominicana es uno de los pocos países en el mundo que cuenta con la existencia de ámbar, siendo la ciudad de Puerto Plata la mayor productora de ésta resina que forma parte de esta isla.

El Ámbar de Chiapas es una resina vegetal, su composición varía dependiendo del árbol del que proviene, (Comúnmente un árbol llamado Guapinol) aunque todos tienen terpenos o compuestos que son comunes en las resinas endurecidas. Este se origina debido a que algunos tipos de árboles/coníferas, que producen la resina como una protección contra enfermedades e infestaciones de insectos en su tronco.

En años recientes se han descubierto piezas de ámbar procedentes del país asiático llamando Myanmar (antes Birmania) con datación de la era mesozoica (hace 170 millones de años) y que conservaron especies antiguas de arañas. [12]

Figura 1. Países del mundo que extraen ámbar.



Fuente: Elaboración propia.

II.3.3. Extracción del ámbar en Simojovel, Chiapas.

Simojovel es el municipio del estado de Chiapas que resalta por ser la capital del Ámbar Chiapaneco, pues extrae el 90% a nivel nacional. En cuanto a la explotación del ámbar en el siglo XX, Frans Bloom anotó que en su viaje realizado a Simojovel en 1922 lo siguiente: los indios recogen el ámbar en las montañas cercanas y lo traen al pueblo a vender. Los artesanos locales usan este ámbar para hacer cruces chicas, manos, lágrimas y otras formas que utilizan en la región como amuletos para proteger a los infantes contra “el mal de ojo”. Por ello, se tiene la referencia de que tal vez mucho antes de 1922 en Simojovel ya se extraía ámbar, sin embargo, aún era no comercializado pues tenía otros fines que eran religiosos o curativos.

II.3.3.1. Materiales y herramientas.

Para la extracción de ámbar no es un proceso mecanizado, debido a las características físicas del sitio y ser de difícil acceso, todo es artesanal. Se utilizan los siguientes materiales y herramientas: Marros, cinceles, picos, palas, machetes, linternas, velas, carretas y cubetas.

No existe la posibilidad que un minero adquiriera el equipo de protección personal, pues esta fuera del alcance económico del minero. Sin embargo, algunos equipos de protección básicos que están a su alcance son: lentes, guantes, botas, y en algunos casos cascos y protectores de rostro completo [10].

II.3.3.2. Proceso de extracción.

Identificación del sitio: para identificar el área donde exista la posibilidad de encontrar ámbar, los mineros se basan en sus propios indicadores de acuerdo a sus experiencias, de los cuales son los siguientes: primero, es identificar un cerro cuyo ángulo sea superior a los 45° de inclinación, después, a lo lejos del cerro se visualiza si existe rastros de líneas rocosas, en caso de visualizarse, se realizan varios recorridos, identificando que en el sitio el tipo tierra sea de color amarillo acompañada de un material arenoso llamado cascajo de color gris. En terrenos planos o que en su mayoría es planicie no hay presencia de ámbar.

Preparación del sitio: una vez identificada el área y que tenga altas probabilidades de tener ámbar, es muy importante que se hagan rituales al “dueño del cerro”, en dicho ritual se ofrecen velas, veladoras, incienso y arreglos florales, acompañados de rezos y oraciones religiosas para “pedir permiso” para trabajar en el cerro, según la costumbre de los mineros estos rituales se hacen por lo menos 2 veces en 15 días antes de iniciar a perforar el cerro. Una vez concluido los rituales, se comienzan las actividades el desmote y en caso de que se requiera se derriban los árboles que obstruyan únicamente la entrada de la mina esto con el fin de tener un mejor acceso. Posteriormente se da la apertura de una mina y se comienza a perforar el cerro con cinceles, marros, picos, palas y machetes con un diámetro de aproximadamente 2 metros.

Si todo hasta el momento transcurre con seguridad y no hay ningún incidente se continua haciendo la mina, de lo contrario, es muy probable que el día siguiente la mina se encuentre con derrumbes o la entrada de la mina se encuentre obstruida, esto de acuerdo a los mineros es una señal de advertencia por parte del “dueño de la mina” por lo cual, desde ese momento se abandona el sitio y ya no se realizan actividades en esa mina. En el caso exitoso de la creación de una mina, los rituales serán permanentes y como mínimo se realizaran 1 vez por semana.

Extracción: Con la ayuda de cinceles, marros, picos, palas, machetes se continúa perforando hacia el interior y en un diámetro de 2 metros. Después de los primeros 15 a 30 metros de profundidad el diámetro va disminuyendo, esto con la finalidad de que la mina no sea tan inestable. Las minas recién creadas, tienen la probabilidad del 70% que en los primeros metros se encuentre ámbar de color rojo en muy pocas cantidades, sin embargo, el valor económico es triplicado comparado con el ámbar amarillo que es el más común. Dentro de esta profundidad, el ámbar en su mayoría es de color amarillo, en algunos casos se encuentran con piezas que en su interior contienen insectos que en su mayoría son invertebrados, de igual manera la presencia de material orgánico como pequeñas ramas, hojas, flores y en casos muy escasos diminutas burbujas de aire.

Durante la extracción se puede producir residuos mineros, que en su mayoría es cascajo y en menor parte es tierra, este material es arrojado al exterior de la mina con carretas pequeñas, debido a la característica del cerro, se forman pendientes de estos residuos, con el paso del tiempo estos impiden el crecimiento de la vegetación por el peso de la tierra, sin embargo, cuando comienza la temporada de lluvia a veces desaparece porque es arrastrado por pequeñas corrientes de agua creadas por las lluvias.

Posteriormente el minero vende el ámbar en estado bruto, es decir, el ámbar en su estado natural, a los artesanos quienes son ellos los que se encargan de transformarlo a un estado pulido, listo para la joyería. Este proceso puede durar semanas, debido a la complejidad de la extracción y su transformación, aún con la certificación de Ámbar Chiapaneco está desvalorado y no tiene valor económico necesario para satisfacer las necesidades del minero, que lamentablemente es el único sustento económico para muchas familias. Cabe destacar que una mina no tiene grandes cantidades de ámbar y el hecho encontrarlo es variable para cada mina, ya que, a veces se logra encontrar a una corta profundidad.

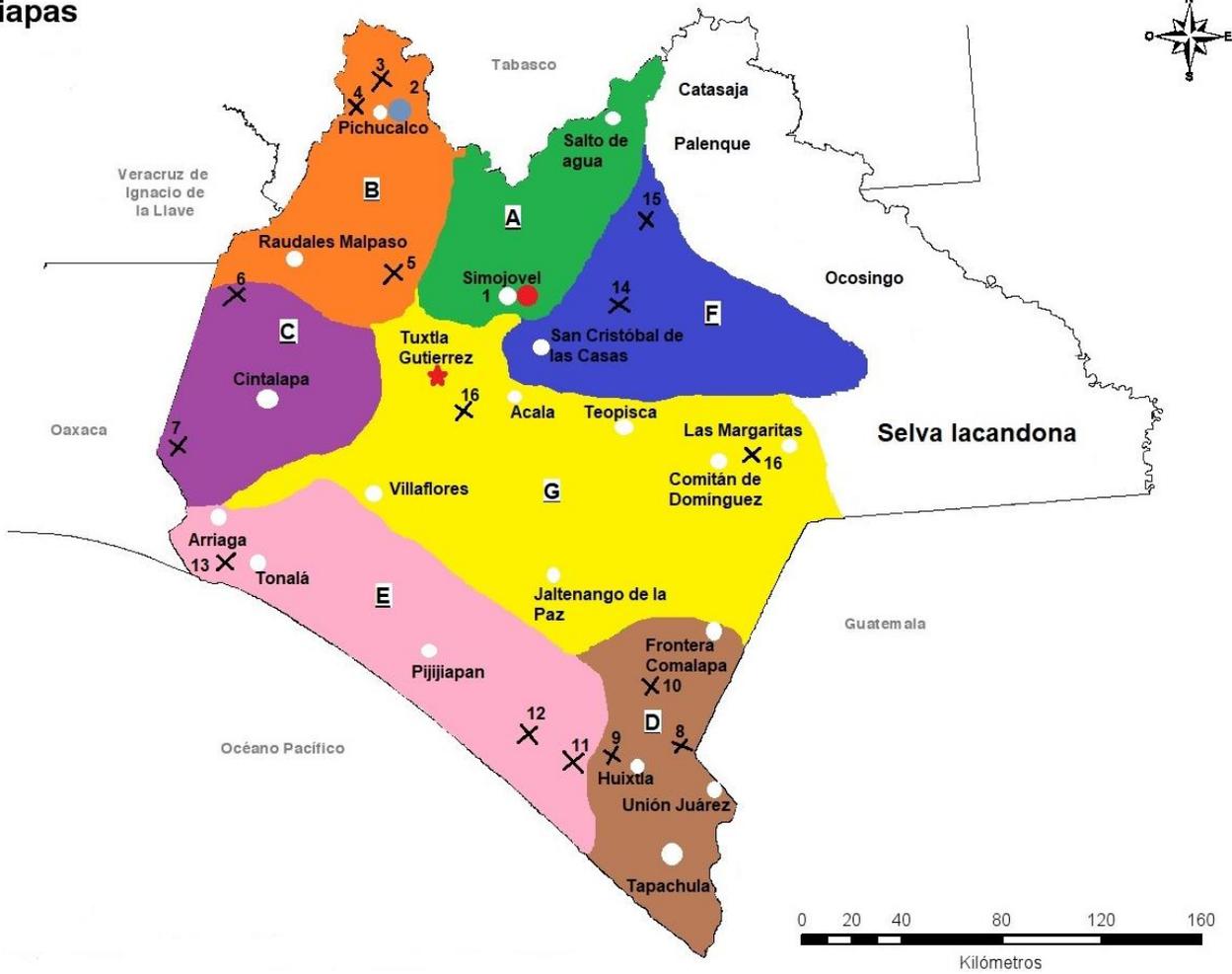
II.3.4. Panorama minero en el estado de Chiapas.

La entidad ocupa a nivel nacional el décimo primer lugar en la producción de agregados pétreos, sexto lugar en roca caliza y cal hidratada; así mismo se registra una producción de azufre en el primer lugar derivado de la refinación de hidrocarburos. No existen registros de producción de minerales metálicos, aunque la exploración ha tenido mucho auge en los últimos años. [25]

En el estado de Chiapas se cuenta con los distritos mineros de Simojovel de Allende y Santa Fé–La Victoria, así como las zonas mineralizadas de Simojovel, Santa Fé-La Victoria, Pichucalco, Ostucán, Tecpatán,-Tenejapa, Francisco I. Madero, La Jáquimas, Motozintla, Tolimán, Chicomuselo, La Libertad, Mapastepec, Arriaga, Tenejapa, Chenalhó, Comitán de Domínguez, algunos de los cuales han sido estudiados y en algunos casos evaluados (barrenación) por el SGM [4]. En el estado de Chiapas se pueden definir siete regiones mineras, atendiendo al tipo de mineralización y a su ubicación.

Figura 2. Regiones mineras en el estado de Chiapas.

Chiapas



Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2020.

| Explicación | |
|-------------|--------------------------|
| ★ | Capital del estado |
| ○ | Cabecera municipal |
| ● | Distrito minero activo |
| ● | Distrito minero inactivo |
| ✕ | Zona mineralizada |

Tabla 2. Regiones mineras.

| REGION | DISTRITO MINERO | ZONA MINERALIZADA | SUSTANCIA |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| A. Pauch | 1. Simojovel de Allende | 1. Simojovel | Ámbar |
| | | | |
| B. Pichucalco-Tecpatán-Ixhu | 2. Santa Fe-La Victoria | 2. Santa Fe-La Victoria | Au,Ag,Cu,Pb,Zn |
| | | 3. Pichucalco | Lateritas |
| | | 4. Ostuacán | Lateritas |
| | | 5. Tecpatán-Tenejapa | Lateritas |
| | | | |
| C. Cintalapa-San Fernando | | 6. Francisco I. Madero | Barita |
| | | 7. Las Jáquimas | Cuarzo |
| | | | |
| D. Motozintla | | 8. Motozintla | Au,Cu,Pb,Zn |
| | | 9. Tolimán | Cu, Au |
| | | 10. Chicomuselo | Polimetálicos (Au) |
| | | | |
| E. Batolito de Chiapas | | 11. La Libertad | Ti |
| | | 12. Mapastepec | Au,Ag,Zn |
| | | 13. Arriaga | Au,Ag,Pb,Fe,Zn |
| | | | |
| F. Los Altos de Chiapas | | 14. Tenejapa | Lateritas |
| | | 15. Chenalhó | A. pétreos |
| | | | |
| G. Tuxtla-Comitán | | 16. Comitán de Domínguez | Caliza |

Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2020.

II.3.4.1. Panorama de la minería del ámbar en el estado de Chiapas.

Los municipios en Chiapas que extraen ámbar son en los municipios de Simojovel de Allende, Huitiupan, Totolapa, El Bosque, Pueblo Nuevo Solistahuacan, Pantelho y San Andrés Durazanal [10].

Se ha encontrado un gran potencial para el ámbar y el Centro de Investigaciones en Óptica A.C. (CIO) realiza con una cobertura de carácter científico, tecnológico, socio-económico y medio-ambiental. Científico, porque dada sus propiedades de fluorescencia, pudiera tener aplicaciones como elemento fijador de anomalías en sistemas biológicos en general, en donde revise interés identificar los mecanismos físicos que intervienen en tales procesos.

Tecnológicos, porque se ha encontrado que tiene propiedades que permiten considerar su potencial como sensor biológico. Sociales, porque este centro y CONACYT está dirigiendo la propuesta de un proyecto que reúna expertos de diferentes formaciones e instituciones, para crear una nueva industria chiapaneca, basada en la fabricación controlada de ámbar, a partir de resinas naturales, misma que tramitara la denominación de origen de ámbar chiapaneco obtenido mediante procesos modernos. Medio-ambiental, porque se estimulará el proceso de reforestación al considerar el cultivo, cuidado y extracción de la resina de algarrobo y guapinol, entre otros prospectos, con que proveerán al sector productivo local. [9]

Conforme los años transcurren y considerando los distintos cambios sociales, políticos, económicos, entre otros. El estado de Chiapas produce al año entre 500 kilogramos a 2 toneladas de ámbar, esta cantidad es solo un estimado. Mientras que el Mar Báltico arroja 600 toneladas anuales de ámbar. Sin embargo, el Ámbar de Chiapas se vende 50% más caro que el europeo. [9]

II.3.5. Panorama de la minería del ámbar en Simojovel.

El municipio de Simojovel es uno de los 124 municipios que conforman el estado de Chiapas, su cabecera es el pueblo de Simojovel de Allende, cuenta con 119 comunidades. Las coordenadas geográficas del municipio son: al norte 17°14' de latitud norte; al sur 17°04' de latitud; al este 92°26' de longitud oeste; al oeste 92°48' de longitud. Colinda con los municipios de al norte: Huitiupán, Sabanilla y Tila. Al este: con Yajalón. Al sur: con Pantelhó, Chalchihuitán y El Bosque. Al oeste: con Jitotol, San Andrés Duraznal y Pueblo Nuevo Solistahuacán.

Al menos 36,7 k habitantes hablan una lengua indígena correspondiendo a un 69.3% del total de la población, las lenguas más habladas fueron Tsotsil (33,307 habitantes), Tseltal (2,848 habitantes) y Zoque (266 habitantes). Población Económicamente Activa (PEA), el 55.1% de la población se encuentra económicamente activa, mientras que el 2.59% se encuentra desocupación.

Educación: En 2020, los principales grados académicos de la población de Simojovel fueron Primaria (12.5k personas o 50.8% del total), Secundaria (7.56k personas o 30.7% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (2.91k personas o 11.8% del total). La tasa de analfabetismo de Simojovel en 2020 fue 24.6%. Del total de población analfabeta, 37.9% correspondió a hombres y 62.1% a mujeres.

Hoy en día, el municipio de Simojovel de Allende es conocido como tierra del “ámbar”, aunque muchas familias siguen teniendo la como una de sus principales actividades económicas y durante mucho tiempo fue reconocido como productor de tabaco, café y ganado. [23]

En la actualidad existen 500 minas aproximadamente, sin embargo, no todas están activas. Esta cifra varía mucho, ya que depende de las condiciones de cada mina, por ejemplo, al iniciar las temporadas de lluvias algunas minas se ven afectadas por derrumbes y después de un derrumbe es difícil que se pueda acceder a la mina, así que se cierra.

Lamentablemente al año mueren de 1 a 4 mineros a causa de los derrumbes que ocurren mientras están en su jornada laboral. Los cuerpos son rescatados por familiares, mineros y protección civil para que puedan ser sepultados. En algunos casos si el minero sobrevive al derrumbe queda con graves heridas, principalmente en la cabeza, huesos rotos e incluso quedar incapaz de utilizar algún miembro de su cuerpo.

El minero representa en muchos casos el único sustento para su familia y en los casos de que fallece o queda invalido, la familia del minero no recibe apoyo por parte del gobierno federal ni estatal, únicamente el Ayuntamiento otorga el apoyo para servicios funerarios y/o traslados de emergencias para el accidentado.

En la región de Simojovel de Allende, no solo existe actividad minera en donde se explota ámbar, ya que cuenta con un gran número de bancos de agregados pétreos que son utilizados como bancos de préstamo para la construcción y revestimiento de caminos. [4]

Figura 3. Principales minas y bancos de material.



Fuente: Cartografía Geológico Minera, Esc. 1:250,000.S.G.M. Cartas Tuxtla Gutiérrez E15-11, Las margaritas E15-12, Huixtla D15-2, Tapachula D15-5, Villahermosa E15-8, Tenosique E15-9.

II.4. Impacto ambiental.

II.4.1. Definición del impacto ambiental.

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define al impacto ambiental como la “*Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza*”. [13]

II.4.2. Evaluación del impacto ambiental.

La Evaluación del Impacto Ambiental nace como una herramienta preventiva que trata de buscar el modo de minimizar o evitar por completo los efectos sobre el medio ambiente que pueda llegar a tener cualquier

tipo de actividad humana. Esto incluye tanto los efectos sobre el medio como sobre todas las personas. Por lo tanto, puede decirse que la evaluación del impacto ambiental constituye un proceso de análisis que trata de identificar los impactos positivos y negativos de ciertas actividades, esto permite la búsqueda de alternativas y la creación de mecanismos de control que posibiliten la prevención o minimización de los efectos negativos, potenciando los positivos.

Con ello, se elaboraron métodos y técnicas para la identificación, cuantificación y evaluación de impactos ambientales como son: Diagramas de flujo, Matrices, Checklist, entre otros, a un proyecto o una actividad. Estas herramientas son usadas en distintas actividades, obras y proyectos ejecutados en distintos países, las matrices son las herramientas más completas en el sentido de la cuantificación de los impactos pues con la ayuda de las ecuaciones numéricas se les da un valor a los impactos ambientales.

II.4.3. Matrices para la identificación, cuantificación y evaluación del impacto ambiental.

Para esta investigación se realizó una amplia y profunda búsqueda de Programas de Manejo Ambiental, Manifestaciones de Impacto Ambiental en la minería, Manejo de Residuos Mineros, Proyectos Mineros, entre otros, con el fin de conocer cuáles son los principales impactos ambientales que se generan en los distintos procesos de la minería en México principalmente y en otros países. De acuerdo a la información obtenida, las herramientas más usadas para evaluar los impactos ambientales fueron con la ayuda de matrices, entre las cuales está la matriz Causa-Efecto de Luna B. Leopold, mayormente conocida como Matriz de Leopold.

Otra herramienta utilizada es la Matriz Conesa, la matriz de Impacto ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto o de una actividad en todas y cada una de sus etapas (implementación, operación-registro y abandono) esta matriz pertenece a Vicente Conesa Fernandez-Vitora (1997) actualmente es considerada una de las herramientas más completas para la cuantificación de los impactos ambientales, debido a que en varios países la matriz es modificada de acuerdo a la naturaleza del proyecto o actividad a evaluar.

En base a ello y de acuerdo a la finalidad de nuestra investigación de identificar cuáles son los impactos ambientales causados por la minería del ámbar, se eligió esta matriz y se le realizó las debidas modificaciones a los factores tanto en el sistema natural (medio natural) como en el social (beneficio del medio socioeconómico).

II.4.3.1. Herramienta de estudio: Matriz Vitora-Conesa.

La Matriz de Impacto Ambiental, es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas. La metodología de CONESA tiene sus orígenes en el método Battelle - Columbus, el cual permite la evaluación cuantitativa de los impactos implicados en un proyecto. Es un método de carácter global y sistemático, y también incluido en las propuestas metodológicas de varios autores [14].

En este método, requiere de la elaboración de la siguiente matriz:

- Matriz de identificación de impactos.

Esta matriz es de tipo causa-efecto, consistirá en un cuadro de doble entrada cuyas columnas figuraran las acciones impactantes y dispuestas en filas los factores ambientales susceptibles de recibir impactos.

Bajo los siguientes criterios evaluación:

Signo: Positivo (+) hace alusión al carácter benéfico o negativo (-) siendo de carácter perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

Intensidad (I): Se refiere al grado de incidencia o destrucción sobre el factor ambiental, en el ámbito específico en que se actúa. El rango de valoración está comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresara una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre estos dos términos reflejaran situaciones intermedias.

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerara que el efecto tiene un carácter puntual (1). Si por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo influencia generalizada en todo este, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su matriz, como impacto parcial (2) y Extenso (4). En caso de que el efecto sea puntual, pero se produzca en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería.

Momento (MO): el momento o plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo o a corto plazo se le asignara en ambos casos un valor (4), si es un periodo de tiempo a Medio Plazo (2), y si el efecto es a Largo Plazo, el valor asignado es (1). Si concurriese alguna

circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una o cuatro unidades por encima de las especificadas.

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que, supuestamente permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. Si se produce un efecto fugaz, se asigna como valor (1). Si es temporal (2); y si el efecto es Permanente, el valor asignado será (4). La persistencia es independiente de la reversibilidad. Los efectos fugases y temporales son siempre reversibles o recuperables. Los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, recuperables o no recuperables.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de la reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que ésta deja de actuar sobre el medio. Si es a corto plazo, se le asigna un valor (1), si es a mediano plazo (2) y si el efecto es Irreversible le asignamos el valor (4).

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctas). Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2), según lo sea de manera inmediata o a mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4). Se hace notar que también es posible, mediante la aplicación de medidas correctoras, disminuir tiempo de retorno a las condiciones iniciales previstas a la implantación de la actividad por medios naturales, o sea, acelerar la reversibilidad, y lo que es lo mismo disminuir la persistencia.

Sinergia (SI): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

Acumulación (AC): Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).

Efecto (EF): se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Este término toma el valor de 1 en caso de que el efecto sea secundario y el valor 4 cuando sea directo.

Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).

La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo presupuesto de acuerdo a los criterios.

$$I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

IN= intensidad EX= Extensión
 MO= Momento PE= Persistencia
 RV= Reversibilidad SI= Sinergia
 AC= Acumulación EF= Efecto
 PR= Periodicidad MC= Recuperabilidad

Tabla 3. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental.

| CRITERIO/RANGO | CALIF. | CRITERIO/RANGO | CALIF. |
|--------------------------|--------|---|--------|
| NATURALEZA | | INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción) | |
| Impacto benéfico | + | Baja | 1 |
| Impacto perjudicial | - | Media | 2 |
| | | Alta | 4 |
| | | Muy alta | 8 |
| | | Total | 12 |
| EXTENSIÓN (EX) | | MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) | |
| Puntual | 1 | Largo plazo | 1 |
| Parcial | 2 | Medio Plazo | 2 |
| Extensa | 4 | Inmediato | 4 |
| Total | 8 | Crítico | (+4) |
| Crítica | (+4) | | |
| PERSISTENCIA (PE) | | REVERSIBILIDAD (RV) | |
| Fugaz | 1 | Corto plazo | 1 |
| Temporal | 2 | Medio plazo | 2 |
| Permanente | 4 | Irreversible | 4 |

| CRITERIO/RANGO | CALIF. | CRITERIO/RANGO | CALIF. |
|-----------------------------|--------|---|--------|
| SINERGIA (SI) | | ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) | |
| Sin sinergismo (simple) | 1 | Simple | 1 |
| Sinérgico | 2 | Acumulativo | 4 |
| Muy sinérgico | 4 | | |
| EFEECTO (EF) | | PERIODICIDAD (PR) | |
| Indirecto (secundario) | 1 | Irregular o aperiódico o discontinuo | 1 |
| Directo | 4 | Periódico | 2 |
| | | Continuo | 4 |
| RECUPERABILIDAD (MC) | | IMPORTANCIA (I) | |
| Recuperable inmediato | 1 | I= (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC) | |
| Recuperable a medio plazo | 2 | | |
| Mitigable o compensable | 4 | | |
| Irrecuperable | 8 | | |

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Matriz Conesa, 2020.

Tabla 4. Rango de los impactos.

| | |
|--|--|
| | Inferiores a 25 son compatibles con el ambiente. |
| | Entre 25 y 50 son impactos moderados. |
| | Entre 50 y 70 son severos. |
| | Superiores a 75 son críticos. |

Fuente: Elaboración propia.

III. OBJETIVOS

Objetivo general.

Identificar los impactos ambientales que se presentan por la minería de Ámbar en Simojovel de Allende, Chiapas.

Objetivos específicos.

Conocer los impactos ambientales más comunes que se presentan en la minería en México.

Conocer en qué consiste la actividad minera de ámbar en Simojovel de Allende, Chiapas.

Conocer cuáles son los impactos ambientales de la extracción del ámbar en Simojovel de Allende, Chiapas.

IV. METODOLOGÍA

1. Con la finalidad de conocer los principales impactos ambientales más comunes que se presentan en la industria minería en México.

Se revisó su marco legal, partiendo desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos posteriormente la Ley Minera y su Reglamento. También se realizó una revisión bibliográfica en la cual, se consultaron investigaciones, artículos y manifestaciones de impacto ambiental, entre otros documentos.

Posteriormente con la información obtenida se analizó y se conocieron los trámites, permisos y solicitudes a realizar para cumplir los requisitos que establece la Secretaría de Economía junto con otros órganos para poder operar y extraer los distintos recursos.

Con la información obtenida de las investigaciones, artículos, Manifestaciones de Impacto Ambiental, entre otros, fueron encontrados los impactos ambientales más comunes generados por la minería de distintos recursos, sin embargo, se eligió la minería del carbón pues de acuerdo a su composición es la que más se parece al ámbar. En base a esto, se elaboró una tabla comparativa entre la minería del Carbón y la del ámbar sobre cuáles son sus principales impactos generados.

2. Con la finalidad de conocer a detalle en qué consiste la actividad minera de ámbar.

Se realizaron varias entrevistas con preguntas diseñadas para obtener la información requerida, estas fueron dirigidas a mineros, artesanos, joyeros y demás comerciantes de ámbar, también se hicieron 6 recorridos en las minas de ámbar ubicadas en la comunidad Pauchil, los cocos, perteneciente al municipio de Simojovel en las fechas 22 y 23 de abril, 11 y 12 de junio, 9 y 10 de julio de 2022. Donde se buscó conocer a detalle como es el proceso de extracción de ámbar, partiendo desde la identificación de una mina hasta la comercialización del ámbar, al mismo tiempo se tomó evidencia fotográfica bajo el consentimiento autorizado por los mineros

Con esta información obtenida, se plasmó en una bitácora fotográfica en la cual para cada etapa del proceso se tienen dos fotografías o más, añadiendo a un costado su descripción, se inició desde la etapa de preparación del sitio, es decir, desde la identificación de una mina, posteriormente la extracción del ámbar y por último la comercialización.

También se realizó una visita al Museo Comunitario del Ámbar ubicado en el municipio de Simojovel de Allende y se solicitó información al área de turismo municipal, la cual, complementa la bitácora y da sustento a lo expresado por los entrevistados. Los artesanos, joyeros y demás comerciantes se les entrevistó en sus locales donde compran-venden ámbar, ubicados en el parque municipal y el centro histórico del municipio de Simojovel.

3. Con la finalidad de conocer los principales impactos ambientales causados por la extracción de ámbar.

Con la misma entrevista descrita anteriormente se aplicó a mineros, dueños de las minas y habitantes de las zonas aledañas a las minas para conocer las modificaciones y/o alteraciones visuales al ambiente que han percibido para contemplarlos en la elaboración de la matriz Conesa.

Se eligió la matriz Vicente-Conesa para conocer e identificar los impactos ambientales más comunes de la actividad, la cual, siguiendo la guía metodológica se modificó de acuerdo a la minería del ámbar. Gracias a ello, se pueden tener distintos factores y medios, para obtener resultados más precisos.

Los factores ambientales elegidos fueron los siguientes: erosión del suelo, turbiedad del agua, esparcimiento de polvo en el aire, deterioro del paisaje, y algunos factores positivos como: efectos positivos en la economía local, turismo y el aporte geológico.

En la parte de las actividades de la minería, se dividió en dos: preparación del sitio que abarca desde la prospección de una mina, hasta la perforación del cerro para iniciar una mina. Y la etapa de operación la cual abarca la extracción de ámbar hasta su comercialización.

Finalmente una vez obtenido los resultados y conociendo los principales impactos ambientales generados por la actividad, se propusieron medidas de mitigación y/o compensación según aplique. Esto de acuerdo a programas “post minería”, manuales sobre el manejo de residuos mineros e información sobre restauración de la cobertura vegetal afectadas por actividades mineras.

Del mismo modo, se recomienda que se lleven a cabo capacitaciones por medio de pláticas, foros y talleres sobre la protección del medio ambiente siguiendo prácticas sostenibles dirigidas a los trabajadores del ámbar.

V. RESULTADOS

Del análisis del marco legal de la minería en México se tiene que la actividad minera tiene su marco legal a partir del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, por lo consiguiente la Ley Minera de 1992 y su reglamento, cuya aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Economía. Se consultaron distintas investigaciones, artículos, Manifestaciones de Impacto Ambiental, entre otras, y conocimos los impactos ambientales más comunes en la minería los cuales son:

- Impacto a la calidad del aire: los cuales consisten en la generación de polvo que se esparce por toda la zona que rodea la actividad, el rango de este impacto puede variar de acuerdo a la cantidad de emisiones de polvo que genere una mina.
- Impacto a suelo y subsuelo: la generación y acumulación de residuos mineros; compactación del suelo y alteración en la calidad y salud del suelo, el rango de este impacto suele ser moderado a crítico dependiendo las condiciones en las que se encuentren el suelo y el subsuelo a causa de los residuos.
- Impacto al agua superficial: contaminación de los cuerpos de agua por los residuos mineros, también el derrame de sustancias tóxicas en cuerpos de agua, este impacto de igual forma puede ser de rango moderado a crítico.
- Impacto al paisaje: deterioro y reducción de la cobertura vegetal de la zona de la minería, por los trabajos de prospección e inicio se derriban árboles y se elimina toda vegetación arbustiva que pueda obstruir los accesos de la mina, este impacto por lo general suele ser de rango compatible con el medio ambiente a moderado, debido a que no se hacen grandes deforestaciones sino solo lo que obstruye en los distintos trabajos de la mina.
- Impacto a la flora y fauna: desplazamiento de las especies nativas por las actividades de la minería, debido a que se elimina la vegetación arbustiva y algunos árboles, las especies nativas se desplazan a otra área. Este impacto por lo general tiene un rango de compatible con el medio ambiente y moderado, pues la afectación a la flora y fauna es mínima.
- Impacto a la salud pública: aumento en las enfermedades respiratorias y estomacales, este impacto presenta regularmente un grado moderado.

Los análisis de los impactos más comunes en la minería se incluyen en la tabla 5 anexo 1.

Referente a la actividad minera del ámbar en Simojovel y de acuerdo a la información obtenida de las entrevistas, recorridos e información del Museo Comunitario del Ámbar se logró conocer detalladamente en que consiste la actividad minera del ámbar en Simojovel, este proceso consta de lo siguiente:

- Selección de una mina:
Se realizan varios recorridos de prospección en las zonas que sean altamente probables en tener ámbar, posterior a ello en la elección se hacen los rituales correspondientes de acuerdo a las creencias y tradiciones de los mineros.
- Inicio de la mina:
Se crea un camino que de acceso a la mina, dada las condiciones geográficas del terreno debe de realizarse el despeje por medio del desmonte y en el caso que sea necesario derribar uno o varios árboles. Una vez realizado esto, se inicia la perforación y se crea la boca la mina.
- Extracción de ámbar:
Con la ayuda de cinceles, marros, picos, palas, entre otras herramientas se continúa perforando hacia el interior de la mina. Al encontrarse ámbar de color rojo o rojizo indica según las experiencias de los mineros que esa mina promete ser muy productiva.
Durante la extracción se generan grandes cantidades de residuos que son cascajo y tierras, estos son arrojados al exterior de la mina, pues no cuentan con un sitio donde se dispongan.
- Comercialización:
Una vez obtenido el producto, el minero vende el ámbar en estado bruto a los artesanos para que posteriormente los artesanos lo limpien y pulan para que pueda introducirse a la joyería. Actualmente artesanos y demás comerciantes de ámbar se encuentran ubicados en el parque central y en algunos negocios en las calles principales de Simojovel. La mejor etapa del año para comercializar el ámbar según los artesanos es en el periodo vacacional de semana santa, agosto y diciembre, debido al aumento del turismo y de la visita de las personas a sus familiares.

La bitácora fotográfica con descripciones se incluye en la tabla 6 del anexo 4.

De acuerdo a la aplicación de la matriz Conesa, los principales impactos ambientales en la extracción del ámbar en Simojovel son los siguientes:

Impactos positivos encontrados:

- Aprovechamiento de algún recurso natural: este impacto es positivo porque se obtienen beneficios extrayendo ámbar.
- Efectos positivos en la economía local: este impacto es positivo debido a que desde la extracción del ámbar se generan empleos con los mineros, posteriormente con los artesanos, joyeros y demás comerciantes de ámbar.
- Turismo: este impacto es positivo porque atrae a turistas para comprar ámbar, realizar recorridos y excursiones para conocer las minas y el proceso de extracción del ámbar en Simojovel.
- Aportes geológicos: este impacto es positivo por el gran aporte científico que preserva el ámbar al estudio y análisis de insectos, crustáceos, tallos, hojas y flores de la vegetación que existió hace millones de años.

Impactos negativos encontrados:

- Erosión del suelo: este es un impacto negativo debido a que los residuos mineros se acumulan al exterior de la mina y se van almacenando en gran volumen, obstruyendo la superficie del suelo.
- Turbiedad del agua: en este caso se considera un impacto negativo debido a que algunas minas están cerca de cuerpos de agua y los residuos mineros son arrojados a su interior, provocando que el agua tenga un color distinto y más denso.
- Esparcimiento de polvo en el aire: este impacto es negativo debido a que al iniciar la boca de la mina se perfora el cerro y se esparcen polvos que liberan las rocas. Al igual que, durante la extracción del ámbar se liberan polvos que salen del cascajo.
- Reducción de la cobertura vegetal: este impacto se considera negativo ya que después de la prospección, se realiza un desmonte y derribo de árboles para abrir un camino y la entrada de la mina. La limpieza del sitio será constante durante la vida productiva de una mina.
- Deterioro del paisaje: este impacto es negativo debido a la remoción y eliminación de la vegetación que rodea la actividad desde la creación de un acceso como en el desmonte que se realiza de manera periódica.

La matriz modificada Conesa, su interpretación y resultados se incluyen en la tabla 7, 8 y 9 del anexo 5.

Con los resultados obtenidos y de acuerdo a lo visto en los recorridos, se proponen las siguientes medidas de mitigación y/o compensación según aplique.

Durante la etapa de identificación de una mina y su desmonte se realizan algunos derribos de árboles para crear un acceso a la mina, por lo cual, se propone como medida de mitigación la prohibición de productos químicos para la eliminación de la vegetación. Y como compensación se propone realizar una reforestación de acuerdo a la cantidad de árboles que hayan sido talados.

En la etapa de la extracción de ámbar, se perfora el cerro y se generan residuos mineros (polvo, tierra, arenilla, cascajo, entre otros) que muchas veces son almacenados al exterior de la mina por lo cual, se propone que una de las medidas de mitigación sea colocar láminas a manera de evitar que el polvo se esparza por la zona, otra medida es llevar los residuos mineros a un lugar correspondiente para darle disposición final. Y como compensación se debe realizar la limpieza de la zona, retirando todo residuo generado, también crear un depósito de residuos mineros, así como también capacitar a los mineros con cursos, talleres y pláticas sobre el riesgo y peligro al extraer ámbar.

En la última etapa, la del abandono de la mina, primeramente se identifica en toda la zona si quedo algún residuo que pueden ser: botellas PET, bolsas, pilas, velas, latas, cigarrillos, etc. En el caso de encontrar algún residuo se recoge y se lleva al municipio para que se vaya al basurero municipal. Como medidas de compensación se debe realizar una reforestación en la zona y en el caso para las minas que se encuentren a un costado de algún cuerpo de agua, realizar el debido proceso de saneamiento que corresponda. Y por último, con el fin de conocer más acerca de todo el contenido e información geológica que tiene todos los residuos mineros, presentar una solicitud ante las autoridades para que realicen estudios geológicos para la determinación de su utilidad así mismo crear un método para darles disposición final.

Las medidas correctivas de acuerdo a cada etapa de la actividad se incluyen en la tabla 10 en el anexo 6.

VI. CONCLUSIONES

1. Con la revisión del marco legal y la identificación de los impactos ambientales más comunes en la minería en México, se realizó una comparación entre la minería del carbón y la del ámbar, debido a que ambas tienen características muy similares en cuanto a su extracción. Se concluye que la normatividad dista mucho del ámbar; de igual forma se concluye que se enlistaron con éxito los impactos más comunes, cabe resaltar que gran parte de los impactos ambientales son similares entre ambas actividades ya que se encuentran en el suelo y cubierto de tierra, rocas y material orgánico.
2. Después de conocer a detalle todo el proceso de la extracción hasta la venta del ámbar en Simojovel, se concluye que es un proceso 100% artesanal, no mecanizado. Además de que existen impactos ambientales positivos y negativos de los cuales los más importantes fueron los positivos por el turismo, la economía y el aporte geológico.
3. Tras la aplicación y resultados obtenidos de las matrices cualitativas y cuantitativas se concluye que los impactos ambientales más comunes en la minería del ámbar en Simojovel fueron identificados. Los impactos positivos representan un gran beneficio a la economía local, mientras los impactos negativos no tienen un rango crítico sino moderado los cuales consisten en: la erosión del suelo, turbiedad del agua, reducción de la cobertura vegetal y el deterioro del paisaje, por lo cual, se puede seguir aprovechando este recurso natural siempre y cuando se realicen sus medidas correctivas.
4. Se recomienda la intervención de las autoridades municipales y/o estatales para verificar el cumplimiento normativo y sus medidas correctivas; apoyar con recursos a los mineros y demás trabajadores.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Procuraduría Ambiental del Estado de Chiapas (PAECH) realizar visitas de inspección para regular y aplicar las disposiciones ambientales que dicta las leyes y reglamentos que según apliquen para esta actividad.

Se recomienda que el Ayuntamiento del municipio de Simojovel trabaje en conjunto con las autoridades ambientales para que la actividad minera del ámbar pueda ser regulada de acuerdo a las leyes y reglamentos que le apliquen. De igual manera, la creación de un sitio de disposición final para los residuos mineros.

Se recomienda adecuar un marco normativo actual para regular la actividad minera del ámbar con una Norma Ecológica Estatal.

Se recomienda que en la continuidad de este trabajo se realicen estudios al agua por la exposición que tiene con los residuos mineros, de igual forma realizar un análisis al casajo para conocer a detalle su contenido.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Tabla comparativa entre la minería del Carbón y del ámbar.

Tabla 5. Principales Impactos Ambientales generados por la minería del Carbón y del ámbar en México.

| Principales impactos ambientales generados por la actividad minera en México. | Minería de Carbón | | | Minería de ámbar | | |
|---|-------------------|-----------|---|------------------|-----------|---|
| | Si aplica | No aplica | Descripción | Si aplica | No aplica | Descripción |
| Atmosférico | X | | Altera las condiciones de la calidad de aire, emisión de gases e incremento de niveles de ruido. | X | | Aunque no es un trabajo mecanizado, al estar perforando el cerro, se emiten polvos que se esparcen por medio. |
| Edáfico (suelo) | X | | Contaminación y compactación del suelo. Generación de lixiviados. Pérdida nutricional del suelo. | X | | Los residuos mineros, impiden el crecimiento de la vegetación. |
| Geofísico | X | | Impactos sobre aguas superficiales y subterráneas (por la cantidad y calidad del agua). | X | | Los cuerpos de agua que están a un costado de las minas de ámbar, son ensuciados por los residuos mineros. |
| Paisaje | X | | Impacta en la calidad sensorial/perceptual por alteración de condiciones escénica y contaminación visual. | X | | Las modificaciones al paisaje por la actividad son evidentes, existe una contaminación visual. |
| Salud pública | X | | Aumento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales. | | X | |

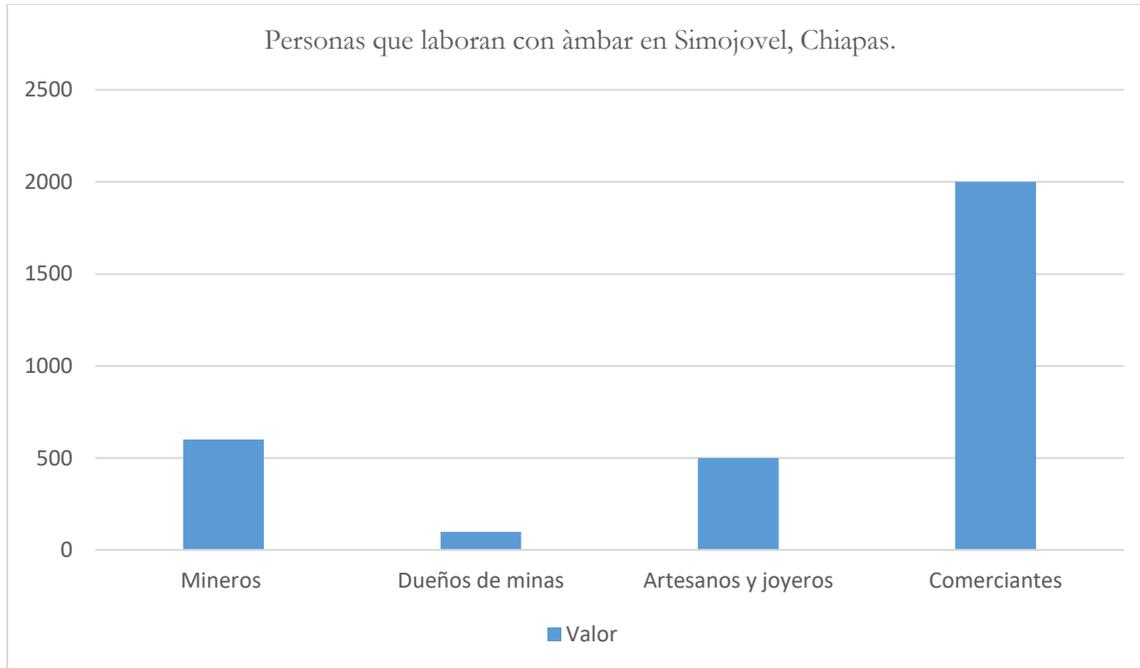
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Entrevista aplicada a mineros de ámbar, en Simojovel de Allende, Chiapas.

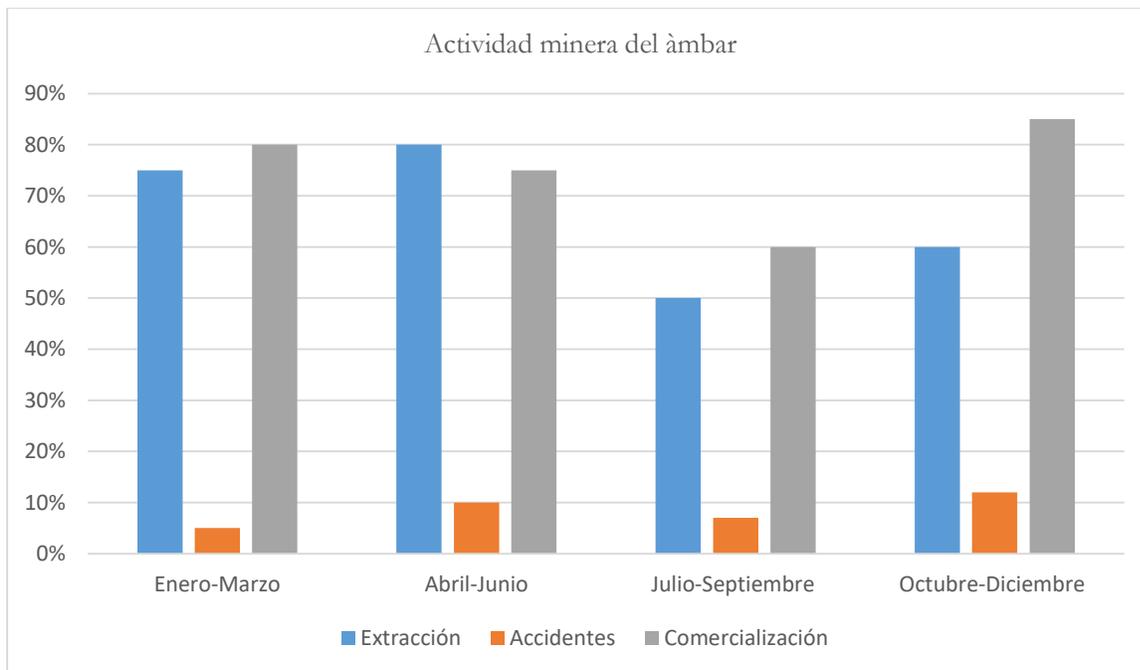
1. ¿Cuántos años tiene la extracción de ámbar en Simojovel?
2. ¿Qué tiempo tiene trabajando como minero?
3. ¿Cuál es el su jornada de trabajo (Horas)?
4. ¿Cómo se identifica una zona que tenga ámbar y pueda abrirse una mina?
5. ¿Cuál es el tiempo (días, semanas, etc.) para abrir una mina?
6. ¿Cuánto gana en un día laboral extrayendo ámbar?
 - ¿Cubre sus gastos diarios?
7. ¿Cuántos gramos o kilos de ámbar se extraen en un día?
8. ¿Cuántos kilos de residuos (cascajo u otros) se genera para obtener 1 kilo de ámbar?
9. ¿La mina pertenece a la comunidad o a una sola persona, concesionario o empresa ajena?
10. En caso de que la mina tenga un solo dueño, ¿el mismo trabaja la mina?
11. ¿Cuánto es la renta mensual o anual de una mina?
12. ¿Cuál es la profundidad máxima que una mina puede llegar?
13. ¿A qué distancia ya se puede encontrar ámbar?
14. ¿Cuenta con algún equipo de protección para trabajar dentro de la mina?
15. ¿Qué tan frecuente son los accidentes dentro de la mina?
16. ¿Cuántas muertes al año ocurren debido a los accidentes?
17. ¿Cuentan con algún seguro de vida?
18. Como es el proceso de extracción de una mina, partiendo desde la identificación de la zona donde hay ámbar.
19. ¿Cuántos árboles se cortan para abrir una mina?
20. ¿Durante qué tiempo del año se puede extraer ámbar?

Anexo 3. Graficas de los resultados de las entrevistas aplicadas.

Graficas de las entrevistas aplicadas a mineros, artesanos, joyeros y comerciantes del ámbar.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Bitácora fotográfica con descripciones en las distintas etapas de la extracción del ámbar en Simojovel.

Tabla 6. Bitácora fotográfica con descripciones.

| Bitácora fotográfica de la mina de estudio ubicada en la comunidad “El Porvenir” en Simojovel de Allende, Chiapas. | |
|--|---|
| Fotografía | Descripción |
|  <p>Foto 1.</p> | <p>La preparación del sitio: Para la determinación de una zona con posible potencial minero, algunos de las creencias de los mineros giran alrededor del sueño. Se dice que los mineros soñaban los lugares donde encontrar ámbar. A través del sueño se les presentaba alguna persona que les indicaba la ubicación. Relatan que, cuando se dejaban guiar por el sueño, encontraban “buenos lugares de ámbar”</p> <p>Se cree que es necesario visitar el lugar marcado en el sueño, donde se encuentra el ámbar, dos veces por semana y encender velas. El número de velas depende de la “voluntad” del minero, puede ser de una a tres docenas. Se colocan en el rincón donde trabajan, en forma cuadrangular, y piden a Dios la bendición para laborar y que éste se convierta en el <i>tata</i> de los mineros.</p> <p>Algo muy importante para los mineros es que reconocen la presencia del “Señor de los cerros” que es el “Dueño del lugar”. Quien se presenta cuando queman sus veladoras. El Señor de los cerros les habla y les pide lo que desea como ofrenda. Las ofrendas se realizan en el cerro Pauchil, comunidad perteneciente a Simojovel, Chis.</p> |



Foto 2.

Si bien, el área donde se encuentra una mina es de difícil acceso, para empezar “abrir una mina” no es un trabajo mecanizado, si no, artesanal con picos, cinceles, marros, palas, cubetas, entre otros.

Como se describió anteriormente, el proceso para identificar sitios con alta probabilidad de contener ámbar en su interior para los mineros es de vital importancia estar en sintonía con la naturaleza, para que el dueño de la mina les permita trabajar con toda seguridad.



Foto 3.

La entrada de la mina es como la imagen. Se puede observar que el minero en sus labores de trabajo “pica” los costados de mina para aumentar su altura, ya que, la altura promedio es de 1 a 2 metros de diámetro según sea la veta y de profundidad de 1 a 300 metros o más aproximadamente. El minero trabaja en cuclillas, hincado o acostado, particularmente en las pequeñas galerías del fondo abiertas por ellos mismos.

Al no tener apuntalamientos los túneles resultan peligrosos, pues el terreno es suelto y movable. Los mineros trabajan sin ninguna protección y los derrumbes provocan graves tragedias.



Foto 4.

El hallazgo de una pieza de ámbar puede tardar días de labor, con jornadas de 7:00 am a 17:00 pm. En ocasiones se encuentran solo unos gramos, que afloran con cascajo (residuo minero, de color grisáceo) Y conchas fósiles.

El tipo de ámbar varía conforme se profundiza en el túnel. Por ejemplo, el ámbar rojo generalmente hace presencia en las primeras excavaciones.



Foto 5.

El ámbar en su estado “bruto”, es decir, recién extraído de la mina. El precio del ámbar en bruto ha variado, en la medida que en el pasado cercano el intercambio era impuesto en la cabecera por productos determinados, en un sistema similar a las tiendas de raya. En la actualidad el gramo de ámbar en bruto oscila entre dos y cinco pesos, según sea la calidad, color, tamaño y fisuras, entre otras características.



Foto 6.

Los residuos mineros que son arrojados al exterior de la mina con la ayuda una carretilla. Cabe señalar que al día se pueden generar cerca de 20 carretillas (800 kg aproximadamente) llenas con “Cascajo” y obtener únicamente de 2 a 5 gramos de ámbar. Todo depende del azar, hay ocasiones que en un solo día se puede obtener 1 kilogramo de ámbar y generar 5 carretillas.

Si bien, actualmente no existe algún sitio para disposición final de los residuos mineros. Tampoco no hay estudios sobre los residuos mineros para determinar el potencial que contengan.



Foto 7.

Herramientas.

Muchos de los instrumentos empleados por los mineros para la excavación son contruidos por ellos mismos con materias naturales que les rodean, especialmente la madera. Así, debe entenderse que los nombrados a continuación, tienen su antecedente en estas herramientas naturales y son bastante sencillos, pico, pala, carretilla, martillo, pinzas, marro, cincel, escalera, velas, veladoras, lámparas, entre los básicos.



Foto 8.

Taller.

La mayoría de los talleres solo cuenta con una mesa, donde se colocan los esmeriles o motorcitos para pulir y toda las demás herramientas. Sobre ella se procesa la pieza terminar la joya. Las herramientas que se usan son: lijas de agua (80, 100, 320, 400, 500, 1000), limas (plana bastarda, plana musa, triangular ancha y delgada), cuchillo, esmeril, franela, unicel, algodón, moto tool o foredon, puntas, soplete para fundir, soplete para soldar, crisoles, rielera, chaponera, laminador con diferentes masas, pinzas, alicates, arcos para seguetas, cinceles, buriles, prensa, martillos, yunques, anilleros, lastra, tijeras, compases, embutidores, sacabocados, taladro manual, escotillón, fresas de diamante, petróleo, pasta brasso.



Foto 9.

Joyería del ámbar.

Suele darse este nombre a la especialidad artesanal que incorpora otro material al ámbar, como oro, plata o alpaca, para elaborar anillos, collares, pulseras, aretes u otros objetos de adorno. Este trabajo requiere, además del pulido del ámbar, la labor sobre metales preciosos, que los propios artesanos clasifican en laminado, cartoneado y filigrana.

Esta actividad no ha sido constante, de tal manera que a mediados del siglo XX, se hallaba en decadencia. Todavía en 1969 se reporta que en Simojovel no había joyero que supiera engastar, cuestión que obligaba a llevar las piezas a Tuxtla, Chiapa de Corzo o San Cristóbal.



Foto 10.



Foto 11.

El pulido y tratamiento del ámbar con otros metales se ha desarrollado, especialmente durante las últimas décadas, en la cabecera municipal. Los artesanos de hoy recuerdan a distintas familias y personas que iniciaron este proceso. Una buena parte de artesanos tienen en sus talleres en su propio domicilio. El aprendizaje y perfeccionamiento lleva años y cada artesano se va especializando.

Esculturas.

Los escultores, requieren años de experiencia, innovación y creatividad del artesano, ultimadamente alentada por la participación en certámenes y exposiciones. Para tal labor se requiere Ámbar en bruto y la figura o escultura dependerá del tamaño de la pieza y la invención del escultor.

Así, pueden obtenerse diversas figuras como aves, mamíferos, instrumentos musicales, lagartos, cabezas mayas entre otros.

El precio de la escultura varía dependiendo al tamaño, color y relieve del ámbar. Entre más claro sea el ámbar y de gran tamaño tendrá un precio muy elevado, agregando que el ámbar claro no es muy común encontrarlo en las minas. Posteriormente está el ámbar “manchado” que es el más utilizado por escultores, ya que es más fácil encontrarlo. La base donde estará sujeta la escultura puede ser madera, cristal, espejos, entre otros.



Foto 12.

EXPO-ÁMBAR

Las seis ediciones del evento Expo-Ámbar realizadas durante la presente administración, han construido un apoyo invaluable para las artesanas y artesanos, así como para algunos comercializadores, dedicados a darle un valor agregado del Ámbar de Chiapas. A través de estos eventos se ha dado la oportunidad al visitante local, nacional e internacional, de adquirir y apreciar joyería en Ámbar y esculturas de alto valor creativo. El número de participantes y visitantes se ha incrementado continuamente.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Elaboración y resultados de la matriz Conesa de la extracción del ámbar en Simojovel.

Tabla 7. Matriz identificación de impactos.

| Simbología I i, j= impacto ambiental seleccionado i= número de columna (actividad) j= número de fila (factor ambiental) | | Actividades de la minería del Ámbar | | | | | | |
|---|---|--|-----------------|------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | Preparación del sitio | | | | Operación | | |
| | | Prospección | Limpieza | Apertura de un acceso | Perforación | Extracción | Manejo de residuos | Comercialización |
| Factores ambientales | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Erosión del suelo | 1 | | | I 3,1 | | | I 6,1 | |
| Turbiedad del agua | 2 | | | | | | I 6,2 | |
| Esparcimiento de polvo en el aire | 3 | | I 2,3 | | I 4,3 | | I 6,3 | |
| Reducción de la cobertura vegetal | 4 | I 1,4 | I 2,4 | I 3,4 | I 4,4 | | I 6,4 | |
| Deterioro del paisaje | 5 | | I 2,5 | | I 4,5 | | I 6,5 | |
| Efectos positivos en la economía local | 6 | I 1,6 | I 2,6 | I 3,6 | I 4,6 | I 5,6 | | I 7,6 |
| Turismo | 7 | | | I 3,7 | | I 5,7 | | I 7,7 |
| Aportes geológicos | 8 | | | | | I 5,8 | | I 7,8 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: la presente tabla es la identificación de los impactos, asignándoles importancia (i) y sus números correspondientes de acuerdo a sus descripciones horizontales y verticales.

Tabla 8: Valor de la importancia

| Impactos Atributos | I _{1,4} | I _{1,6} | I _{2,3} | I _{2,4} | I _{2,5} | I _{2,6} | I _{3,1} | I _{3,4} | I _{3,6} | I _{3,7} | I _{4,3} | I _{4,4} | I _{4,5} | I _{4,6} | I _{5,6} | I _{5,7} | I _{5,8} | I _{6,1} | I _{6,2} | I _{6,3} | I _{6,4} | I _{6,5} | I _{7,6} | I _{7,7} | I _{7,8} |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Naturaleza | - | + | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | + | + | + | + | - | - | - | - | - | + | + | + |
| Intensidad | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 |
| Extensión | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Momento | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| Persistencia | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Reversibilidad | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| Sinergia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Acumulación | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Efecto | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| Periodicidad | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Recuperabilidad | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| Importancia: | -21 | 19 | -20 | -25 | -21 | -20 | -24 | -23 | 23 | 24 | -19 | -21 | -18 | 21 | 30 | 26 | 27 | -38 | -28 | -23 | -36 | -33 | 31 | 22 | 31 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la presente tabla se tienen los impactos identificados con sus números correspondientes del lado horizontal superior. En el lado vertical izquierdo están los atributos y posteriormente los valores de acuerdo a la importancia de los impactos. En la parte inferior de cada impacto se tiene el resultado de la ecuación de la matriz y su signo (+ o -).

Tabla 9. Importancia del impacto (I).

| Impacto | Valor de la Importancia de Impacto | Grado del impacto | | Interpretación |
|--|--|-----------------------------------|--|--|
| Reducción de la cobertura vegetal Etapa de limpieza (Preparación del sitio) | $I = (4IN + 4EX + 2MO + 2PE + 2RV + 1SI + 1AC + 1EF + 2PR + 2MC)$ $I = -25$ | Compatible con el medio ambiente. | | De acuerdo al resultado de la ecuación este impacto en la etapa de limpieza es compatible con el medio ambiente pues su valor de importancia es -25. |
| Erosión del suelo Manejo de residuos (Etapa de operación) | $I = (4IN + 4EX + 2MO + 2PE + 2RV + 1SI + 1AC + 1EF + 2PR + 2MC)$ $I = -38.$ | Impacto moderado. | | En base al resultado de la ecuación, este impacto tiene un grado moderado y negativo por lo cual debe realizarse sus medidas correctivas. |
| Turbiedad del agua Manejo de residuos (Etapa de operación) | $I = (6IN + 4EX + 4MO + 4PE + 4RV + 2SI + 4AC + 4EF + 2PR + 4MC)$ $I = -28.$ | Impacto moderado. | | Según con el resultado obtenido de la ecuación este impacto es de grado moderado en la etapa de manejo de residuos. |
| Reducción de la cobertura vegetal Manejo de residuos (Etapa de operación) | $I = (4IN + 2EX + 2MO + 2PE + 2RV + 1SI + 1AC + 1EF + 2PR + 4MC)$ $I = -36.$ | Impacto moderado. | | El resultado de la ecuación define a este impacto con un grado moderado y negativo en el manejo de residuos mineros. |
| Deterioro del paisaje Manejo de residuos (Etapa de operación) | $I = (4IN + 2EX + 2MO + 2PE + 2RV + 1SI + 1AC + 1EF + 2PR + 4MC)$ $I = -33.$ | Impacto moderado. | | De acuerdo al resultado de la ecuación este impacto es de grado moderado y negativo. |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Finalmente con los resultados obtenidos de la matriz, se proponen las siguientes medidas de mitigación y/o compensación según aplique.

Tabla 10. Medidas de mitigación y/o compensación de la actividad minera de ámbar.

| Etapas de la actividad | Impacto | Medidas | |
|---|--|--|--|
| | | Mitigación | Compensación |
| <p>Prospección</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de la mina. - Desmante del camino para llegar a la mina. - Derribo de árboles y desmante del área de la entrada de la mina. | <p>Reducción de la cobertura vegetal: al realizar el desmante.</p> <p>Deterioro del paisaje: por la remoción de la vegetación arbustiva y derribo de árboles.</p> | <p>Al inicio de una mina, se realiza la limpieza del sitio. Para ello, se desmanta y se derriban arboles según sea el caso. Como medida de mitigación, se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No utilizar productos químicos (herbicidas). | <p>Toda vez que durante los recorridos se observó la remoción de algunos árboles y vegetación arbórea (arbustos) al iniciar una mina, se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reforestar la zona con árboles n nativos. |
| <p>Operación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perforación del cerro para la entrada de la mina. - Ensanchamiento e incremento de la profundidad de la mina. - Extracción del ámbar - Generación de residuos mineros (cascajo). | <p>Erosión del suelo: por la generación de residuos mineros.</p> <p>Turbiedad del agua: por el contacto que hace con los residuos mineros.</p> <p>Deterioro del paisaje: por el nulo manejo de los residuos mineros.</p> | <p>Toda vez que al realizar los recorridos se encontró que durante la operación de la actividad y de la extracción del ámbar, los residuos mineros (cascajo, tierra, arenilla) son arrojados al exterior de la mina que a su vez impiden el crecimiento de la flora, para ello se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rodear la entrada de la mina con láminas a manera de evitar que el polvo se esparza hacia el exterior. -Llevar los residuos mineros con carretillas a un sitio para darles disposición final. | <p>Una vez observado durante los recorridos la gran cantidad de residuos mineros que se generan durante la extracción de ámbar, que son arrojados al exterior de las minas, se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Retirar los residuos mineros que obstruyen el crecimiento de la flora. -Crear un depósito de residuos mineros para que haga función de almacén y darle su disposición final correspondiente. |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>- Desmonte del área de la mina.</p> | | <p>En el caso de que la mina se encuentre a orilla de alguna fuente de agua, se propone:</p> <p>-Colocar láminas o algún otro material a manera de hacer función de trampas para contener los residuos mineros y no mezclarse con el agua.</p> | <p>-Capacitar a los mineros con cursos, foros, talleres y pláticas sobre el riesgo y peligro al extraer ámbar.</p> <p>-Implementar estrategias de educación ambiental dirigidas a mineros, artesanos, joyeros, comerciantes y población en general.</p> |
| <p>Abandono</p> <p>-Finaliza la materia prima.</p> <p>-Se derrumba internamente o externamente, provocando que la mina se cierre por completo.</p> <p>- Abandono del sitio.</p> | <p>Erosión del suelo: en la mayoría de las minas los residuos mineros nunca son llevados a un sitio correspondiente y quedan expuestos al exterior de la mina.</p> <p>Reducción de la cobertura vegetal: los residuos mineros quedan obstruyendo el crecimiento natural de la vegetación arbustiva.</p> <p>Turbiedad del agua: los residuos mineros quedan al exterior de la mina y en algunos casos están a lado de algún cuerpo de agua y cuando es la temporada de</p> | <p>Lo que da inicio a la última etapa de la actividad es el término de la materia prima, es decir, el ámbar se termina en esa mina. En otros casos, los derrumbes internos o externos ponen fin a la productividad de una mina. Para esta última etapa, se propone:</p> <p>-Identificar los residuos mineros, residuos sólidos urbanos (botellas PET, bolsas, pilas, velas, latas de aluminio, etc.) generados y/o introducidos por los mineros al interior o exterior de la mina.</p> <p>-La tierra generada como residuo minero, se recomienda dejarla en el medio natural.</p> | <p>Toda vez que se observó que al término de la vida útil de una mina de ámbar, la zona forestal y vegetal se ha visto afectada, se propone:</p> <p>-Reforestar la zona con árboles y vegetación nativa.</p> <p>En el caso de que la mina que culmina sus actividades y se encuentra a la orilla de alguna fuente de agua y los residuos la hallan ensuciado, se propone:</p> <p>-Realizar el debido proceso de saneamiento según corresponda</p> <p>Toda vez que, existe información acerca del contenido y/o propiedades de los</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>lluvia los residuos son arrastrados por la corriente hasta que desaparecen de la zona.</p> | | <p>residuos mineros, se propone:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Presentar una solicitud ante las autoridades gubernamentales realizar estudios geológicos correspondientes para determinar el grado de utilidad y poder darles disposición final. |
|--|---|--|--|

Fuente: Elaboración propia.

IX. REFERENCIAS CONSULTADAS

- [1] NOM-152-SFCI-2003. Diario Oficial de la Federación. 2003. Gobierno de México. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=692206&fecha=25/08/2003
- [2] INAH. “El Ámbar, la joya que encapsulo al tiempo”. 2019 Recuperado de: <https://www.inah.gob.mx/boletines/7905-el-ambar-la-joya-que-encapsulo-al-tiempo>
- [3] A, Gallegos. “El origen del Ámbar en el mundo”. Quetzam. 2019. Recuperado de: <https://quetzam.mx/blogs/noticias/el-origen-del-ambar-en-el-mundo>
- [4] Servicio Geológico Mexicano. “Panorama Minero del Estado de Chiapas”. 2020. Recuperado de: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/CHIAPAS.pdf>
- [5] Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (CPEUM). Art. 27. 2021. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf
- [6] Ley Minera 1992. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151_110814.pdf
- [7] S, Worlanyo. & L, Jiangfend. “Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. Journal of Environmental Management”. V-279. 2020. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>
- [8] V, Myroniuk. A, Bilous. Y, Khan. A, Terentiev. P. Kravets. S, Kovalevskiy. & L, Ver. “Tracking Rates of Forest Disturbance and Associated Carbon Loss in Areas of Illegal Amber Mining in Ukraine Using Landsat Time Series”. 2020 Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2235/html>
- [9] Servicio Geológico Mexicano. “Monografía del Ámbar”. 2019. Secretaria de Economía. Gobierno de México. Recuperado de: <http://docplayer.es/230718273-Monografia-del-ambar.html>
- [10] G, López. “Caracterización optima del Ámbar de Chiapas. Diseño y construcción de un prototipo experimental para la autenticación del ámbar”. Centro de Investigaciones en Óptica A.C. 2012. Recuperado de: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/337/1/15599.pdf>
- [11] D, Lukyanow. “La cuna del Ámbar: así es el lugar donde nace el “diamante ruso”. Sputnik International”. 2019. Recuperado de: <https://mundo.sputniknews.com/20190621/la-region-rusa-de-kaliningrado-tiene-las-reservas-mas-grandes-del-ambar-en-el-mundo-1087724618.html>
- [12] V, Vargas., J, E. Báez. “Ámbar de México: un acercamiento a la naturaleza química del Ámbar de Simojovel, Chiapas mediante su caracterización por espectroscopia de infrarrojo”. Universidad de Guanajuato. 2020. Recuperado de: http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6463/1/3_%c3%81mbar%20de%20M%c3%a9xico%20cun%20acercamiento%20a%20la%20naturaleza%20qu%c3%admica%20del%20%c3%a1mbar.pdf
- [13] LGEEPA. 2021. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_180121.pdf
- [14] Matriz CONESA. 2020. SEMARNAT. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2002/05CO2002E0017.html>
- [15] A, Hernández. L, Calvillo. & S, Cevallos. “Flor de una nueva especie de Lunania Hook. (Salicaceae sensu lato- Samydeae) incluida en Ámbar del Mioceno de Simojovel de Allende, Chiapas, México”. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. V-68, núm. 1, 2016, p. 29-36. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2016v68n1a5>

- [16] Reglamento de la Ley Minera. 2014. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LMin_311014.pdf
- [17] E, Sadowski. A, Schmidt. L, Seyfullah. K, Solórzano. C, Neumann. V, Perrichot. C, Hamann. P, Milke. & P, Nascimbene. “Conservation, preparation and imaging of diverse ambers and their inclusions”. *Earth-Science*. V.220. ISSN 0012-8252. 2021. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103653>
- [18] A, Smaliychuk. G, Ghazaryan. & O, Dubovyk. Land-use changes in Northern Ukraine: patterns and dynamics of illegal amber mining during 1986–2016. *Environ Monit Assess*. 193, 502. 2020. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09317-2>
- [19] J, Sokol. “Los fósiles en Ámbar birmano ofrecen una vista exquisita de la época de los dinosaurios y un campo minado ético”. *Science*. 2019. Recuperado de: <https://www.sciencemag.org/news/2019/05/fossils-burmese-amber-offer-exquisite-view-dinosaur-times-and-ethical-minefield>
- [20] A, Schmidt. V, Perrichot. M, Svojtka. K, Anderson. K, Belete. R, Bussert. H, Dörfelt. S, Jancke. B, Mohr. “Cretaceous African life captured in amber”. 2010. Recuperado de: <https://doi.org/10.1073/pnas.1000948107>
- [21] A, Ruberto. “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental”. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 2020. Ed. Mundi-prensa. Recuperado de: <http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf>
- [22] S, Toledo. “La fiebre del Ámbar en Chiapas. La minería en una región agraria. Estudios de cultura maya”, 51, 197-228. 2018. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2018.51.865>
- [23] C, Yuarte. “Flujos y mudanzas globales del Ámbar de Chiapas, México”. *Nueva antropología*, 22(70), 11-31. 2019. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018506362009000100002&lng=es&tlng=es
- [24] S. Worlanyo. & L, Jiangfend. Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. *Journal of Environmental Management*. V-279. 2020. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>
- [25] SMG. Panorama minero del estado de Chiapas. 2021. Secretaria de Economía. Recuperado de: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/CHIAPAS.pdf>