

EIDH MINERÍA CANADIENSE EN PUEBLA
Y SU IMPACTO EN LOS DERECHOS HUMANOS

ANEXO 2

**PROYECTO IXTACA:
MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE
INFORME SOBRE IMPACTOS
AMBIENTALES PARA EIDH**

Dra. Aretha Burgos



PROYECTO IXTACA: MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

INFORME SOBRE IMPACTOS AMBIENTALES
PARA EVALUACIÓN DE IMPACTO EN DERECHOS HUMANOS

Autora: Aretha Burgos

Cartografía y análisis de microcuencas: Mayeli Sánchez

Coordinación: Alejandro González y Patricia Legarreta

Septiembre 2015

Índice

1. Introducción.....	4
2. Descripción de la zona.....	6
2.1. Ubicación geográfica.....	6
2.2 Fisiografía.....	7
2.3 Clima.....	7
2.4 Geología.....	8
2.5 Edafología.....	8
2.6 Hidrografía.....	9
2.7 Hidrología subterránea.....	10
2.8 Biodiversidad y principales ecosistemas.....	11
2.9 Uso de suelo y vegetación.....	12
2.10 Recursos naturales.....	13
3. Descripción y observaciones del proyecto minero en el municipio de Ixtacamaxitlán.....	13
3.1 Ubicación geográfica de la concesión minera.....	14
3.2 Fase de Exploración (Informes preventivos).....	16
3.2.1 “Ixtaca”.....	16
3.2.2 “Ixtaca II”.....	16
3.2.3 “Ixtaca III”.....	16
3.3 Antecedentes para el proyecto de explotación Reporte Técnico.....	16
3.3.1 Ritmo de producción.....	18
4. Marco normativo para un ambiente sano.....	18
5. Fase de exploración y riesgos ambientales para Ixtacamaxitlán en observación con las normas ambientales.....	23
5.1 Acuíferos y profundidades.....	24
5.2 Barrenos.....	26
5.3 Flora y fauna.....	30
6. Fase de desarrollo.....	30
7. Fase de explotación: minería a cielo abierto, impactos en el ambiente.....	31
7.1 Caracterización de los impactos ambientales al medio físico.....	33
7.1.1 Tierra.....	33

7.1.2	Atmósfera.....	33
7.1.2.1	Polvo.....	33
7.1.2.2	Ruido.....	33
7.1.3	Agua.....	34
7.1.4	Procesos geofísicos.....	34
7.2	Caracterización de los impactos ambientales al medio biótico.....	34
7.2.1	Fragmentación.....	35
8.	Caracterización de los impactos ambientales por procesos de extracción y deposición de materiales.....	35
8.1	Proceso Merrill Crowe.....	35
8.2	Presas de jales y riesgo ambiental.....	36
8.2.1.	Compañías mineras involucradas en desastres ambientales a nivel mundial.....	37
9.	Análisis de microcuencas en el municipio de Ixtacamaxtitlán.....	41
9.1	Descripción de la zona.....	41
9.1.1.	Clima.....	42
9.1.2	Dirección del viento.....	43
9.1.3	Edafología.....	43
9.2	Medio biótico.....	44
9.2.1	Vegetación.....	44
9.2.2	Composición florística.....	45
9.2.3	Fauna.....	46
9.2.4	Resultados.....	48
9.2.4.1	Mamíferos.....	49
9.2.4.2	Aves.....	49
9.2.4.3	Reptiles y Anfibios.....	49
9.2.4.4	Insectos.....	50
10.	Criterios para la valoración de los Impactos Ambientales.....	50
10.1	Ponderación.....	52
11.	Ritmo de producción y ponderaciones aproximadas para el proyecto de explotación minera en Ixtacamaxtitlán.....	53
11.1	Polvo por tránsito vehicular.....	53
11.2	Explosivos.....	59
11.3	Ruido por voladuras.....	60
11.4	Tratamiento de desechos.....	62
11.5	Uso de agua.....	62
12.	Conclusiones.....	63

12.1 Delimitación de la microcuenca por impacto de minería en Ixtacamaxtitlán.....	63
12.2. Afectaciones del proyecto minero Tuligtic al derecho humano al medio ambiente.....	64

Proyecto Ixtaca: minería y medio ambiente

1. Introducción

El presente informe presenta un estudio de los impactos ambientales del Proyecto minero Ixtaca, que la empresa Almaden Minerals Ltd. pretende llevar a cabo en el municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla. Realizar un análisis profundo sobre el impacto ambiental de una actividad implícitamente invasiva como la minería a cielo abierto resulta sumamente importante cuando va encaminado a la protección de la salud, los recursos naturales, la biodiversidad: al desarrollo de actividades sostenibles.¹

Un análisis de este tipo requiere una revisión de las políticas públicas y del rol del estado en la salvaguarda de los intereses de las poblaciones negativamente afectadas. Para ello, es necesario conocer las consecuencias que a corto, mediano y largo plazo, tendrá el proyecto en las zonas que están directa o indirectamente involucradas debido a que podrían sufrir un deterioro de la calidad de vida de las poblaciones humanas y, de forma general, de las interacciones ecosistémicas. Debe hacerse hincapié en los efectos que esta actividad tiene sobre el medio ambiente y prestarse particular atención a cómo los derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua y al saneamiento se pueden ver trastocados.

La población, la cultura, la política y la economía son los elementos de mediación en la relación entre sociedad y naturaleza. Medio ambiente y desarrollo están ligados.²

Casi tres cuartas partes del territorio poblano presenta severos problemas para su aprovechamiento; en ello han tenido que ver las políticas públicas, la organización administrativa, el aumento de la población y sus características, un modelo de desarrollo económico sin planeación que ha descansado en una industrialización no sustentable, la utilización de tecnologías duras con un alto consumo de energía, una agricultura y ganadería poco racional. Todo ello hace que hoy se reconozca la presencia de graves problemas ambientales que inciden en el funcionamiento del ecosistema local y global.³

Todas las comunidades tienen el derecho de conocer los efectos de las actividades industriales sobre su ambiente, ya que esto les permite tomar las acciones de protección necesarias con respecto a las sustancias tóxicas y sus impactos.⁴ Por otro lado, también es trascendental que las comunidades afectadas sean informadas sobre las actividades que se realizarán y los beneficios que las industrias obtendrán, para que el uso de recursos comunitarios, contratos y cualquier acuerdo realizado entre los pobladores de la zona y la empresa sea justo y se mantenga durante el periodo de actividad de la

¹William Sacher, "El modelo minero canadiense: saqueo e impunidad institucionalizados," *Acta Sociológica*, no. 54 (2011), consultado el 20 de julio, 2015, p. 49.

²Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado* (México: Conabio/ Gobierno del Estado de Puebla/ BUAP, (2011), p. 442.

³CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p.47.

⁴Myanmar Centre for Responsible Business, *Human Rights and Business Fact Scheet: Environment & Ecosystem Service* (Yangon, Myanmar Centre for Responsible Business, 2015), consultado 21 agosto, 2015, .

empresa.⁵ Bajo esta perspectiva, es necesario puntualizar que la introducción de nuevos tipos de minería y el crecimiento exponencial de la industria minera dentro del estado representan una problemática ambiental a la que debe ponerse especial cuidado.

Las actividades mineras, metálicas y no metálicas, en el estado de Puebla datan de la época de la conquista, cuando ya se explotaban yacimientos de oro como los de Chiauhtla de Tapia y Tetela de Ocampo. A partir de la década de 1950 inicia la explotación formal de minerales no metálicos, como perlita en Tepeyahualco-Atexcac, arena sílica en Oriental, pómez en Libres y Guadalupe Victoria y cal en Tepeyahualco. En 1970 siguió expandiéndose con el inicio de la explotación de los yacimientos de travertino en Tepexi de Rodríguez.

Estas actividades hacen del estado de Puebla un importante productor de minerales no metálicos, mientras que la extracción de metálicos como cobre, oro, plomo y zinc ha sido esporádica en los últimos cincuenta años.⁶ Actualmente el rubro de minerales metálicos está en fase exploratoria (Tabla 1).

Tabla 1. Proyectos de exploración de minerales metálicos en el estado de Puebla

Proyecto	Minerales	Etapas	Empresa	País
La preciosa	Au, Ag	Exploración	Chesapeake Gold Corp.	Canadá
Pórfido	Au	Exploración	Minaurum Gold Inc.	Canadá
La Lupe	Au	Postergación	Jdc Minerals	China
Ixtaca	Au, Ag	Exploración	Almaden Minerals Ltd.	Canadá
Rosa	Au, Cu	Exploración	Almaden Minerals Ltd.	Canadá
Terrerillo	Au, Ag	Exploración	Almaden Minerals Ltd.	Canadá
Zapotec	Au, Ag	Exploración	Almaden Minerals Ltd.	Canadá
Tuligtic	Cu, Mo, Au, Ag	Exploración	Almaden Minerals Ltd.	Canadá
Caldera	Au, Ag	Exploración	Almaden Minerals Ltd. 40%/Windstorm Resources Inc. 60%	Canadá
Cerro Dolores	Ag, Pb, Zn	Exploración	Starcrore International Mines Ltd./Goldcorp Inc.	Canadá

Fuente: Dirección General de Desarrollo Minero.⁷

El incremento exponencial en el número de títulos y superficie se dio entre los años 2010 y 2014 cuando la superficie concesionada pasó del 3.78% al 8.73% del territorio.⁸ En mayo de 2015 había 295 concesiones registradas, con una superficie de 194,595.2157 hectáreas.⁹ Independientemente del tipo de actividades extractivas que realicen dentro del estado, cada una representa un impacto ambiental cuyas dimensiones se harán visibles en un corto, mediano o largo plazo.

Estos proyectos de desarrollo causan impactos en el ambiente. Afectan aire, agua y suelo; pueden ocasionar efectos negativos en la salud, como enfermedades relacionadas con el sistema respiratorio (contaminación de aire), digestivo (alimentos y aguas contaminados), nuevas enfermedades por presencia de tóxicos (plomo, cianuro). Producen, también, la muerte de animales

⁵Carlos Rodríguez Wallenius, "Riqueza marginación y luchas campesinas en Mezcala, Guerrero", *Veredas*, no. 19 (2009), p. 108.

⁶Secretaría de Economía, *Panorama minero del estado de Puebla* (México: Servicio geológico mexicano, 2014), consultado 4 de octubre, 2015, .

⁷Secretaría de Economía, *Datos económicos y proyectos mineros en Puebla* (México: Servicio Geológico Mexicano, 2015), consultado 4 de octubre, 2015, .

⁸Secretaría de Economía, *Panorama minero del estado de Puebla*.

⁹Secretaría de Economía, *Prontuario de la Industria Minero Metalúrgica* (México: Secretaría de Economía, 2015), consultado 27 agosto, 2015, .

silvestres y afectan las actividades agropecuarias, por lo que finalmente repercuten en la economía de la región y, por lo tanto, en el bienestar de la población, causando conflictos sociales y políticos.¹⁰

Las mineras Gavilán S.A. de C.V. y Gorrión S.A. de C.V son dos empresas subsidiarias que pertenecen en su totalidad a la compañía canadiense Almaden Minerals Ltd. Estas empresas tienen concesiones dentro del municipio de Ixtacamaxtitlán (Título minero 219469 para el lote denominado Cerro Grande con vigencia de 50 años –6 de marzo de 2003 al 5 de marzo de 2053 y Título minero 233434 para el lote denominado Cerro Grande 2 con vigencia de 50 años –24 de febrero de 2009 al 23 de febrero de 2059), y han realizado trabajos de exploración en tres etapas, denominadas: Ixtaca, Ixtaca II, Ixtaca III e Ixtaca III Bis, que está en proceso. Las exploraciones de estas compañías han sido realizadas para detectar depósitos de plata y oro con posibilidades de explotación minera a cielo abierto.

2. Descripción de la zona

Las variables del medio físico no solo determinan procesos biofísicos, como la edafología o la hidrología, también son esenciales para explicar el desarrollo de comunidades vegetales, animales y humanas. El impacto en el ambiente que rodea a una comunidad puede determinarse de manera objetiva si se conocen todos los aspectos que caracterizan a la zona, ya que permiten definir las condiciones del lugar antes de las actividades, encontrar sus puntos vulnerables y proponer medidas de mitigación, con el fin de reducir al mínimo los posibles efectos negativos que pudieran impedir el cumplimiento del derecho de todo individuo a desarrollarse con bienestar en un medio ambiente adecuado. El estudio de las características ambientales también resulta útil para proponer medidas de restauración sobre sitios que han sido afectados por fenómenos atribuibles tanto a actividades antropogénicas (del hombre) como a fenómenos naturales (como incendios o inundaciones). Finalmente, también puede contribuir a evitar el establecimiento de actividades que por su naturaleza resulten de alto riesgo para el ambiente y, en consecuencia, para los habitantes de la zona.

Por lo tanto, es fundamental comenzar por conocer el área en la que se establecerá la industria minera, en este caso el proyecto Tuligtic, ya que nos permite sentar las bases para determinar qué rubros ambientales serán afectados, cuál es la importancia del lugar hablando de biodiversidad, qué actividades económicas se realizan dentro del municipio, qué tan vulnerable es a los impactos que provoca la minería a cielo abierto y porqué es importante dirigir las acciones hacia la recuperación y mantenimiento de las áreas naturales, más que al establecimiento de industrias que afectan el ambiente de manera irreversible.

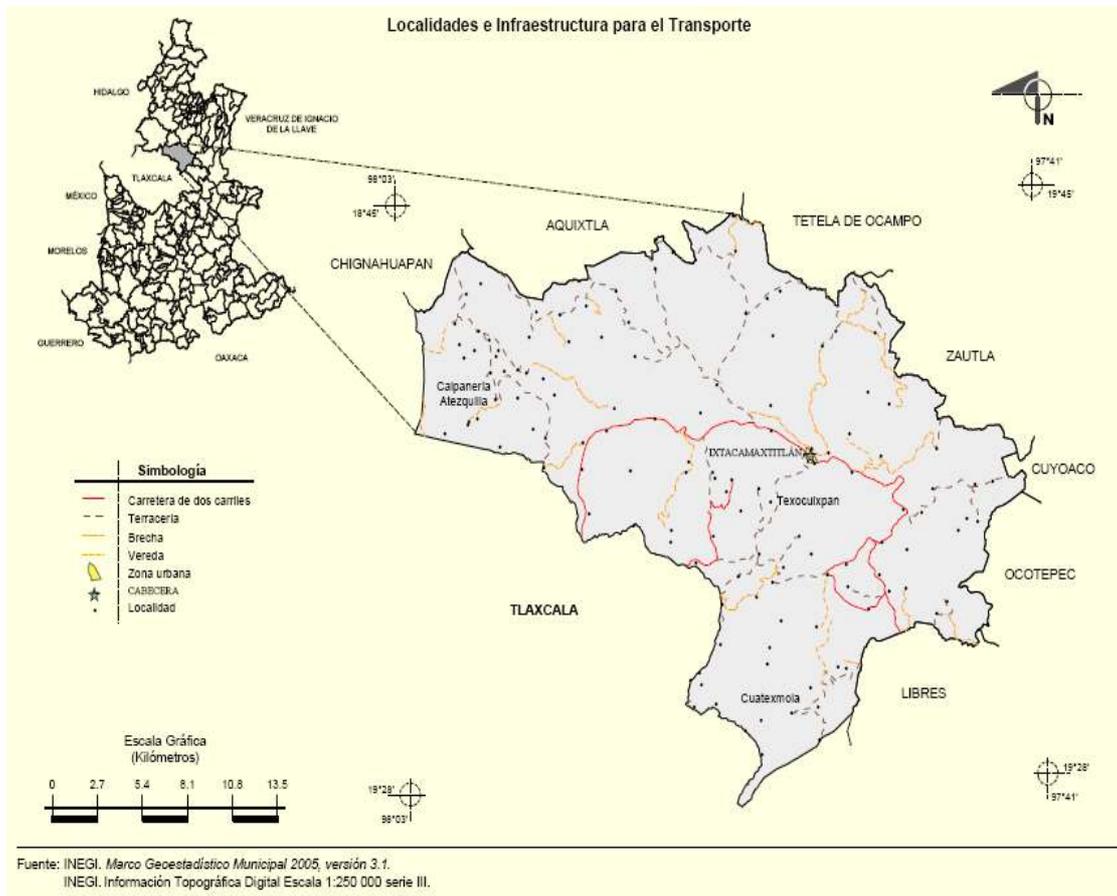
2.1. Ubicación geográfica

El municipio de Ixtacamaxtitlán está localizado al norte del estado de Puebla, en la zona centro de México (Figura 1). Lo encontramos entre los paralelos 19°27'18" y 19°44'18" de latitud norte y los meridianos 97°42'18" y 97° 02'54" de longitud oeste; altitud entre 2,000 y 3,400 m. Colinda al norte con los municipios de Chignahuapan, Aquixtla, Tetela de Ocampo y Zautla; al este con los de Zautla, Cuyoaco, Ocoatepec y Libres; al sur con el municipio de Libres y el estado de Tlaxcala; al oeste con el estado de Tlaxcala y el municipio de Chignahuapan. Tiene una superficie de

10Rodríguez, "Riqueza marginación y luchas campesinas en Mezcala, Guerrero", p. 108.

614.88 km², que lo ubican en el segundo lugar con respecto a los demás municipios del estado. La cabecera municipal se encuentra a una altitud de 2,472 metros sobre el nivel del mar (msnm).¹¹

Figura 1. Ixtacamaxtitlán: rutas de acceso e infraestructura para el transporte



2.2 Fisiografía

Pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico (100%), a la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%) y al Sistema de topoformas de la Sierra volcánica de laderas escarpadas (92%), cañón típico (7%) y Meseta basáltica escalonada de lomerío (1%).¹²

2.3 Clima

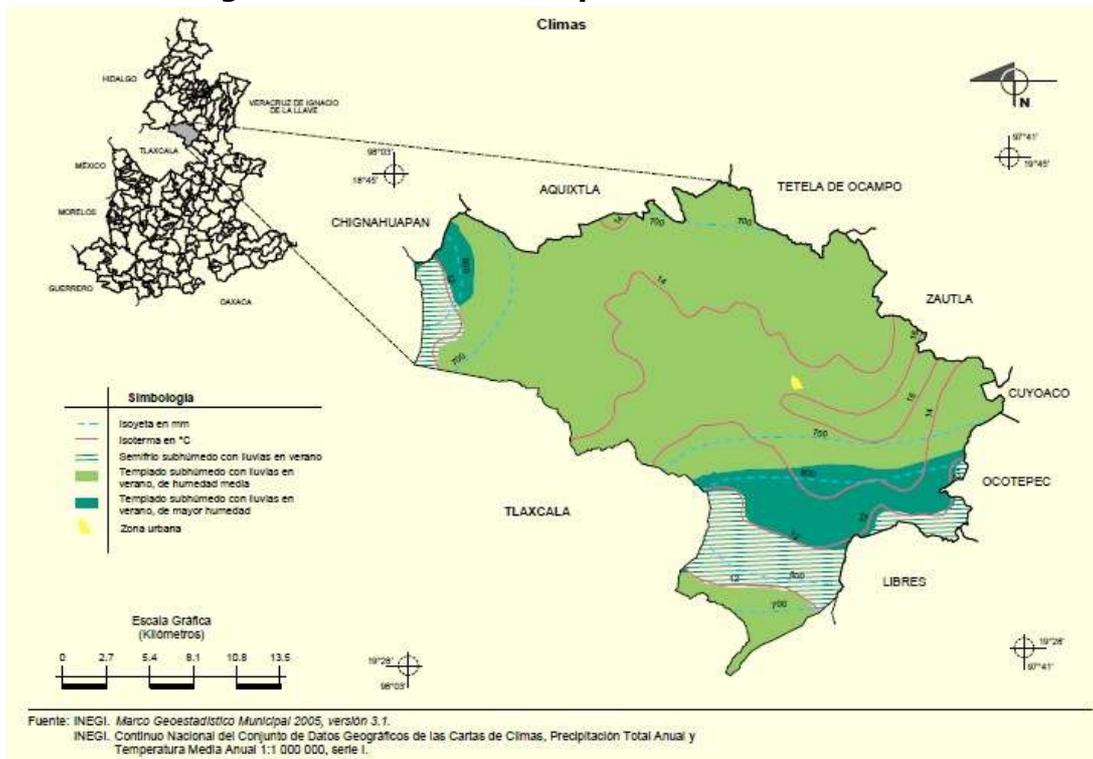
Tiene un rango de temperatura que va de 10 a 18°C y un rango de precipitación anual entre 600 y 900 mm. Es templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (78%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (12%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (10%) (Figura 2).¹³

¹¹INEGI, *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, "Ixtacamaxtitlán, Puebla," consultado 20 de Julio, 2015, .

¹²INEGI, *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, "Ixtacamaxtitlán, Puebla."

¹³Ibidem.

Figura 2. Clima del municipio de Ixtacamaxtitlán



2.4 Geología

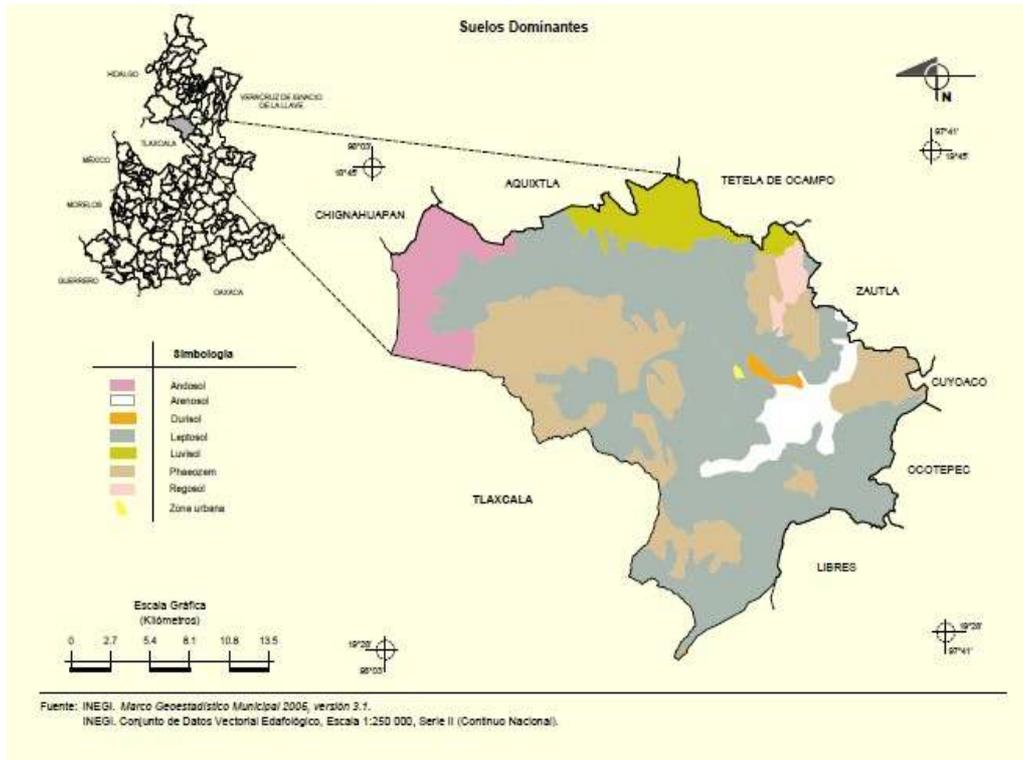
Del periodo Neógeno (76.5%), Cuaternario (17%), Cretácico (5%) y Jurásico (1%). Roca ígnea intrusiva: diorita (1%). Ígnea extrusiva: andesita (47%), toba ácida (31.5%) volcanoclástica (9%), basalto (5%) y brecha volcánica básica (1%). Sedimentaria: caliza (5%) y caliza-lutita (1%).

2.5 Edafología

Los suelos predominantes son de tipo Leptosol (55%), también conocido como litosoles y redzinas, que se caracterizan por su escasa profundidad (menor a 25 cm). En algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy pocos útiles, ya que su poca profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrientes minerales. Sigue en importancia el Phaeozem (24%), adecuado para el cultivo, ya que su fertilidad es de moderada a alta, y que tolera exceso de agua. Después, los Andosol (7.5%), suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, ligeros y con alta capacidad de retención de agua y nutrientes que, por su alta susceptibilidad a la erosión y fuerte fijación de fósforo, deben destinarse a la explotación forestal o al establecimiento de parques recreativos. Al extremo norte del municipio se presentan suelos Luvisol (6%), con una fertilidad moderada a alta, ya que son ricos en nutrientes, como horizonte clásico o presencia de material calcáreo, por lo menos en la superficie. En menor medida hay suelos Arenosol (5%), restringidos a zonas áridas o semiáridas cubiertas por matorrales

y pastizales, y Regosol (1%), que predominan en el centro y sur del municipio, que son suelos formados por material suelto que no sea aluvial reciente -como dunas, cenizas volcánicas y playas - muy pobres en nutrientes y prácticamente infértiles.¹⁴

Figura 3. Edafología en el municipio de Ixtacamaxtitlán



2.6 Hidrografía

El municipio pertenece a la vertiente hidrográfica septentrional del estado de Puebla. Se inscribe en la cuenca 117 del río Tecolutla y es recorrido por numerosos ríos cuyo destino final es el Apulco, que tiene un recorrido de más de 30 km dentro del municipio. Recibe una gran cantidad de tributarios: los ríos Clanalá, El Tule, Alhuajoyuca, La Ciénega, Las Vegas, Los Lobos, Cuchaquillo, Los Hoyos y La Galera, que se originan al poniente y se unen al Apulco; asimismo, los ríos Cotepalzoca, Hacienda Vieja y Tuligtic, que bañan el norte antes de unirse al Apulco. Por último los ríos Minatitlán, Tepetzalán, Dos agujas, Tlazontic e Itzamanca, que se originan al sur y después de recorrer el territorio de sur a norte se unen al Apulco.

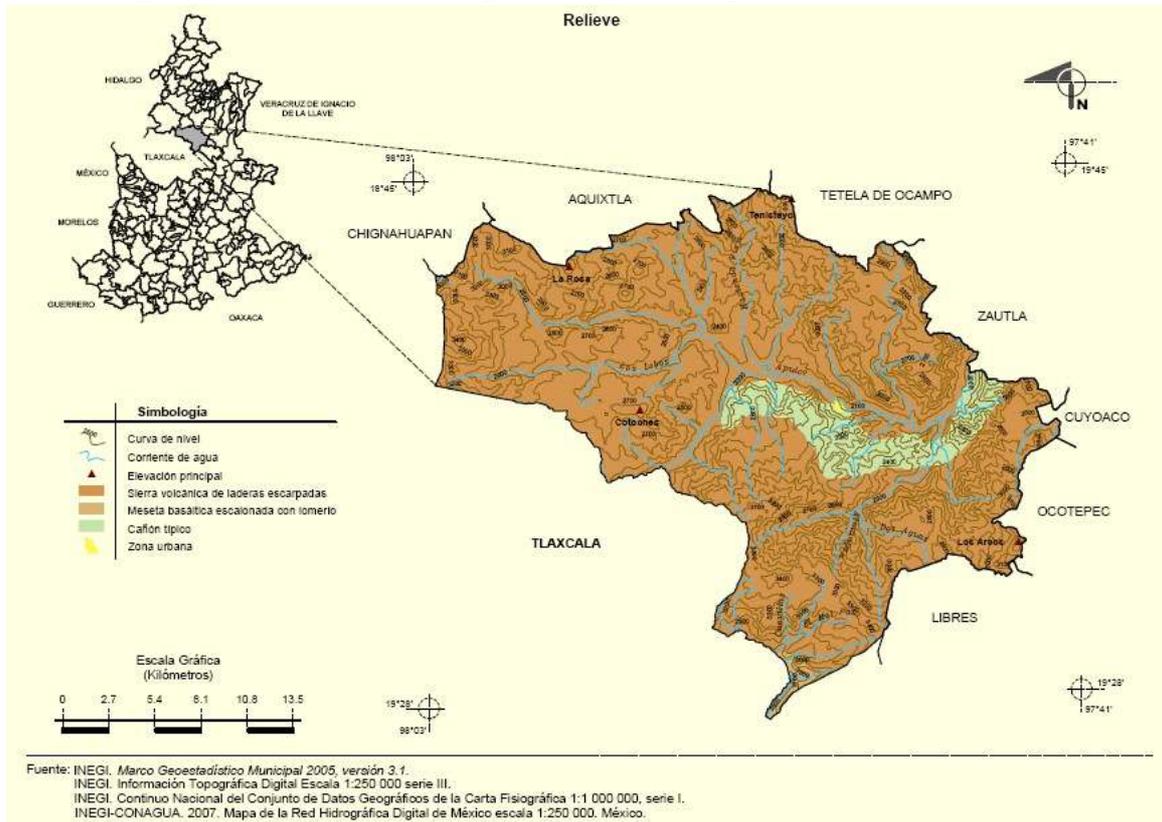
El área pertenece a la región hidrológica de Tuxpan–Nautla (RH-27) (91%), que se extiende en la planicie costera del Golfo Norte y parte de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental; ocupa casi toda la parte norte del estado (24.6% de la superficie de la entidad). El límite sur de la región está constituido por el parteaguas que forman las estribaciones más meridionales de la Sierra Norte y que se extiende al noroeste de los poblados de Libres y Cuyoaco, así como al sur de Zaragoza y Teziutlán, sobre la vertiente norte de la caldera de los Húmeros. Desde esta zona la región se extiende hasta los estados de Veracruz e Hidalgo.

La entidad está representada por las cuencas (A), río Nautla; (B), río Tecolutla; (C), río Cazones y (D), río Tuxpan. La región hidrológica de Tuxpan–Nautla es la zona más lluviosa del

¹⁴Ibídem

estado: registra precipitaciones de lluvia de entre 1,500 a 3,000 mm al año; en el área de Cuetzalan se tienen medias anuales de más de 4,000 mm. La temperatura media anual oscila desde 14° C en las partes más altas de la sierra hasta 24° C en los dominios de la planicie costera. El 91 por ciento del área pertenece a la región hidrológica Tuxpan-Nautla y de éste: río Balsas (9%); Cuenca Tecolutla (91%) y río Atoyac (9%); subcuenca del río Apulco (90%), laguna Totolzingo (9%) y río Tecuantepec (1%). Se localizan las corrientes de agua perennes: Apulco, Dos Aguas y Los Lobos. Y de aguas intermitentes: Atmangan, Cuevillas, El Mal Paso y Hacienda Vieja (Figura 4).¹⁵

Figura 4. Relieve e hidrografía del municipio de Ixtacamaxtitlán



2.7 Hidrología subterránea

Puebla cuenta con pocos afluentes superficiales de gran importancia, por lo que la economía del campo se abastece fundamentalmente del agua subterránea. El 65% del estado presenta una topografía montañosa y de lomeríos; el resto son zonas más o menos planas, donde es factible la extracción de agua subterránea.¹⁶

Los materiales que conforman los acuíferos son por lo general de origen aluvial. Incluyen sedimentos cuaternarios no consolidados, como gravas, arenas, limos y arcillas. La extracción de agua en el estado se hace a través de pozos, norias, galerías filtrantes y manantiales. Aproximadamente el 80% del agua extraída en la entidad se destina a la agricultura. En segundo

¹⁵CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p. 35.

¹⁶Ibidem

lugar están los servicios públicos urbanos y domésticos con 15%. Un 3.5% para la industria y tan solo el 1.5% restante para fines pecuarios.¹⁷

También existen aguas termales que alcanzan temperaturas que van de los 36° a los 90°C, como en los manantiales de los Humeros, Chignahuapan e Izúcar de Matamoros.

2.8 Biodiversidad y principales ecosistemas

El concepto de biodiversidad abarca a las especies, los ecosistemas que habitan y su variabilidad genética. Aunque suele asociarse a la flora y la fauna, aunque también incluye a los hongos, protozoarios y bacterias.¹⁸ La biodiversidad puede ser valorada desde tres puntos de vista: el biológico, por la información evolutiva irremplazable, el económico, porque brinda bienes esenciales para el desarrollo de la vida, y el cultural, ya que es fuente inspiración literaria, creencias, mitos y cosmovisiones.¹⁹

Históricamente, la principal dificultad para el manejo sustentable de los recursos forestales en México han sido las políticas públicas inadecuadas y su aplicación, caracterizada por la deficiente coordinación de los sectores relacionados, estructuras administrativas débiles, dispersas y poco profesionalizadas, falta de asistencia técnica y capacitación a los dueños y poseedores forestales. Influyen también otros factores, como la alta población rural y la pobreza, las prácticas agropecuarias extensivas y los problemas de tenencia de la tierra y conflictos agrarios.

Debido a ello, el municipio de Ixtacamaxtitlán ha sufrido un proceso muy fuerte de deforestación. En una estimación a nivel estatal se registra que la entidad tiene 1.7 millones de hectáreas de aptitud forestal, de las cuales 594 mil se encuentran perturbadas, lo que representa aproximadamente el 35% de la superficie forestal estatal.

Los tipos de vegetación se refieren a la composición de especies de la cubierta vegetal de un área o región. Para definirla se contemplan aspectos como las especies componentes (flora), la apariencia de la vegetación (fisionomía), la ubicación geográfica, y las características climatológicas y edáficas (suelo). El municipio pertenece a la cuenca de abasto Chignahuapan-Zacatlán (UMAFOR 2108).²⁰ Según la carta de vegetación de INEGI y del Inventario Nacional Forestal, en ella hay bosques mesófilos de montaña, bosques de pino encino y sobreviven algunos manchones de bosques de galería. En la región más alejada de la cordillera, donde se asienta Ixtacamaxtitlán, existen matorrales desérticos rosetófilos.

En el municipio de Ixtacamaxtitlán se registran también bosques de oyamel, bosques de táscate (táscate, cedro o enebro), bosques *Pseudotsuga* (conífera), asociado con los géneros *Pinus* y *Cupressus*, y bosques de pino-encino.²¹

Todos estos tipos de vegetación están altamente perturbados, condición que se manifiesta por la presencia de vegetación secundaria.²² La conservación de la vegetación en una zona es

17Ibídem

18Ibídem, p. 15

19Ibídem

20CONAFOR, *Estudio de Cuenca de abasto para la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla* (Manuel Morales Martínez, Estudio de cuenca de abasto, UMAFOR 2108, 2014), 225: 5, consultado el 24 de septiembre, 2015, .

21CONAFOR, *Estudio de Cuenca de abasto para la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla*, p. 19.

22Vegetación secundaria: Comunidades naturales de plantas que se han establecido como consecuencia de la destrucción total o parcial de vegetaciones primarias o clímax, realizada directamente por el hombre o por actividad de animales domésticos. Una comunidad secundaria también puede mantenerse indefinidamente como tal si persiste el disturbio que la ocasionó, o bien si el hombre impide su posterior transformación. Estos efectos se logran de manera frecuente con el sobrepastoreo, el fuego o ambos.

fundamental por los servicios ambientales que proporciona: ecosistémicos o ambientales, debido a la provisión de materias primas; regulación de enfermedades, al evitar la erosión y permitir la captación de agua que abastece los mantos freáticos; de soporte por formación de suelos y reciclado de nutrientes; y culturales, al permitir la creación de sitios recreativos y espirituales. (Figura 5).²³ Por ejemplo, “los bosques de encino han sido utilizados como fuente de combustible (leña y carbón), esto ha contribuido a la erosión de sus terrenos, con un efecto deletéreo de azolve sobre presas y lagos, por lo que es necesario manejarlos, conservarlos, restaurarlos y evitar su destrucción”. Además, este tipo de bosques es sumamente rica en diversidad y endemismos, ya que en ellos se desarrollan otras especies, como el pino en el caso de Ixtacamatlán.²⁴

Figura 5. Servicios y beneficios que prestan los ecosistemas



Fuente: Conabio 2011

La cuenca a la que pertenece el municipio de Ixtacamaxtitlán presenta una amplia diversidad de condiciones ambientales que dan lugar a nichos ecológicos de importancia para la conservación de la biodiversidad. Con la revisión de la clasificación de las superficies bajo manejo y con la interacción con los prestadores de servicios y los silvicultores, se identificaron las áreas importantes para la conservación de la biodiversidad. De acuerdo a esta clasificación, prácticamente todas las superficies forestales de la cuenca son importantes, ya que las diferentes especies de flora y fauna se encuentran distribuidas en todos los hábitats de la región o son utilizados temporalmente por la fauna durante la práctica de sus hábitos de sobrevivencia. Es por ello que la CONAFOR ha implementado áreas que requieren ser conservadas o en las que es necesario incrementar las actividades para su conservación. Entre ellas, el bosque de táscate localizado en diferentes puntos del municipio de Ixtacamaxtitlán, que cuentan con una fauna particular y árboles de gran edad.²⁵

En las áreas desforestadas, generalmente a lo largo de las vías de comunicación y de los ríos, se practica la agricultura de temporal donde se cultiva papa, maíz, haba y cebada. También se han introducido pastizales, en los que hay zacatón, liendrilla, navajilla y soyate.

2.9 Uso de suelo y vegetación

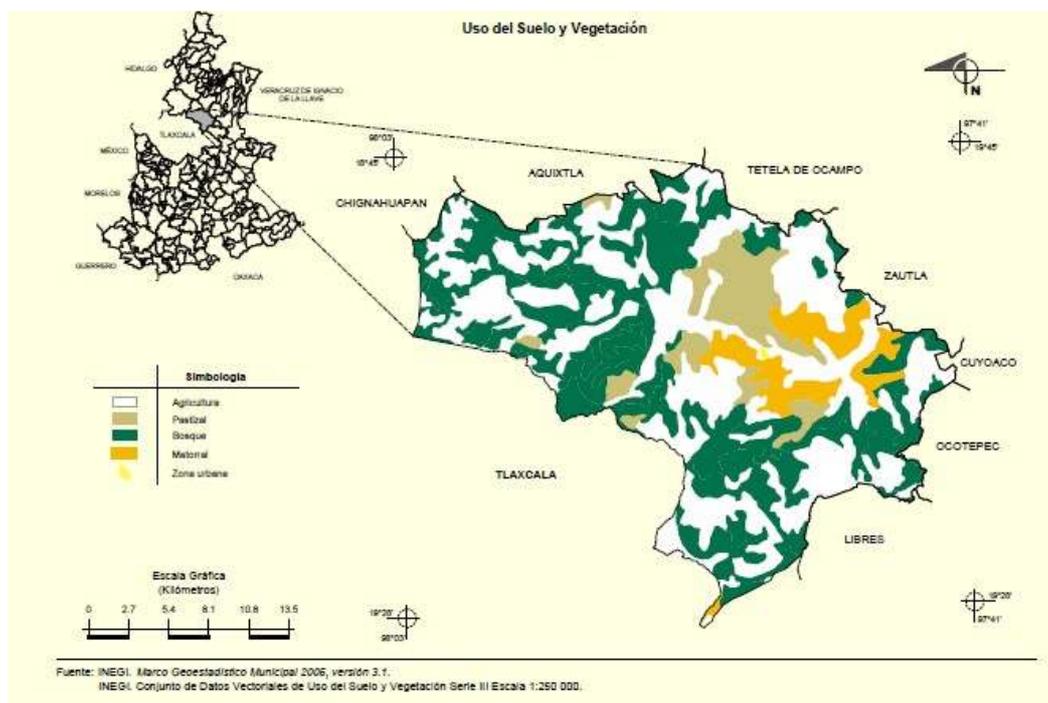
Para agricultura (41%) y zona urbana (0.5%). La vegetación de la zona comprende bosque (42%), pastizal (9%) y matorral (7%) (Figura 6).

²³CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p. 16.

²⁴Ibidem, p. 87.

²⁵CONAFOR, *Estudio de Cuenca de abasto para la región Chignahuapan–Zacatlán, Puebla*, p. 208,209.

Figura 6. Uso de suelo y vegetación del municipio de Ixtacamaxtitlán



2.10 Recursos naturales

Entre los recursos minerales se encuentran oro, plata, cobre, calcedonia, molibdeno, plomo, zinc, manganeso, platino, wolfrinitas, caolín, basalto y fosforita.²⁶

La explotación forestal se centra en los bosques de pino, cuya madera se utiliza para la construcción.²⁷

Otra actividad económica realizada en el municipio es la producción de pulque, debido a que Ixtacamaxtitlán registra una gran variedad de maguey pulquero.²⁸

3. Descripción y observaciones del proyecto minero en el municipio de Ixtacamaxtitlán

Los documentos que se revisaron para la descripción del proyecto minero, en el municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla, fueron:

²⁶INAFED Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Puebla, "Ixtacamaxtitlán," consultado 20 julio, 2015, .

²⁷INAFED, Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Puebla, "Ixtacamaxtitlán".

²⁸Edgar Barrios, "Asegura investigador que pulque es de origen tehucanero", El Sol de Puebla, 1 de junio de 2013, consultado el 13 de octubre, 2015, .

- Informe Preventivo del Proyecto de exploración minera denominado: "IXTACA" de acuerdo a la NOM 120-SEMARNAT-1997.²⁹ Con número 21/IP-0010/11/11, fecha de ingreso ante SEMARNAT 01/11/2011, número de trámite 21PU2011MD055 (Promovente: Empresa Minera Gavilán S.A. de C.V.). El resolutivo fue entregado al promovente o gestor y el trámite fue concluido el 08/12/2011.
- Informe Preventivo del Proyecto de exploración minera denominado: "IXTACA II" de acuerdo a la NOM 120-SEMARNAT-2011.³⁰ Con número 21/IP-0430/04/13, fecha de ingreso ante SEMARNAT 25/04/2013, número de trámite 21PU2013MD013 con la Resolución de Informe Preventivo SEMARNAT (Promovente: Empresa Minera Gavilán S.A. de C.V.). El resolutivo fue entregado al promovente o gestor y el trámite fue concluido el 13/06/2013.³¹
- Informe Preventivo del proyecto de exploración minera denominado "IXTACA III" de acuerdo a la NOM 120-SEMARNAT-2011.³² Con número 21/IP-0663/04/14, fecha de ingreso ante SEMARNAT 22/04/2014, número de trámite 21PU2014MD015 con la resolución del Informe Preventivo SEMARNAT (Promovente: Empresa Minera Gavilán S.A. de C.V.). El resolutivo fue entregado al promovente o gestor y el trámite fue concluido el 05/08/2015.³³

El análisis de los impactos de las actividades de exploración y proyecto de explotación minera en la propiedad denominada Tuligtic sobre el ambiente y la salud de la zona de Ixtacamaxtitlán, fue desarrollado a partir de la revisión del Reporte Técnico NI 43-101³⁴ (Preliminary Economic Assessment of the Ixtaca Project) con fecha 9 de octubre de 2014 elaborado por Moose Mountain Technical Services para Almaden Minerals Ltd., al que en adelante nos referiremos como Reporte Técnico.³⁵ Finalmente también se revisó el Reporte Técnico previo NI 43-101, con fecha 13 de mayo de 2014.

3.1 Ubicación geográfica de la concesión minera

La concesión está localizada a los 19°40" latitud norte y 97°51" longitud oeste; en las coordenadas UTM NAD83 Zona 14: 618,800 m este y 2,176,100 m norte. Recibe el nombre Tuligtic y actualmente está 100% concesionada a la compañía Minera Gorrión S.A. de C.V. (Minera Gorrión) que, como ya se mencionó, es subsidiaria de Almaden Minerals Ltd. (a la que se refieren como "Almaden" y a la que nos referiremos con el mismo nombre). El proyecto Tuligtic comprende dos reservas minerales de 14,229.55 ha, localizadas a 80 km al norte de la ciudad de Puebla y a 130 km al este de la Ciudad de México (Figura 7).

29Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo del proyecto de exploración minera denominado IXTACA, de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-1997, ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán Estado de Puebla," (Informe Preventivo, Semarnat, 2011), p. 112.

30Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo del proyecto de exploración minera denominado IXTACA II, de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-2011, ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán Estado de Puebla," (Informe Preventivo, Semarnat, 2013), p. 150.

31SEMARNAT, delegación federal en el estado de Puebla, subdelegación de gestión para la protección ambiental y recursos naturales, "análisis y evaluación del IP para el Proyecto de Exploración Minera Ixtaca II" oficio DPF/2303/13, p. 14.

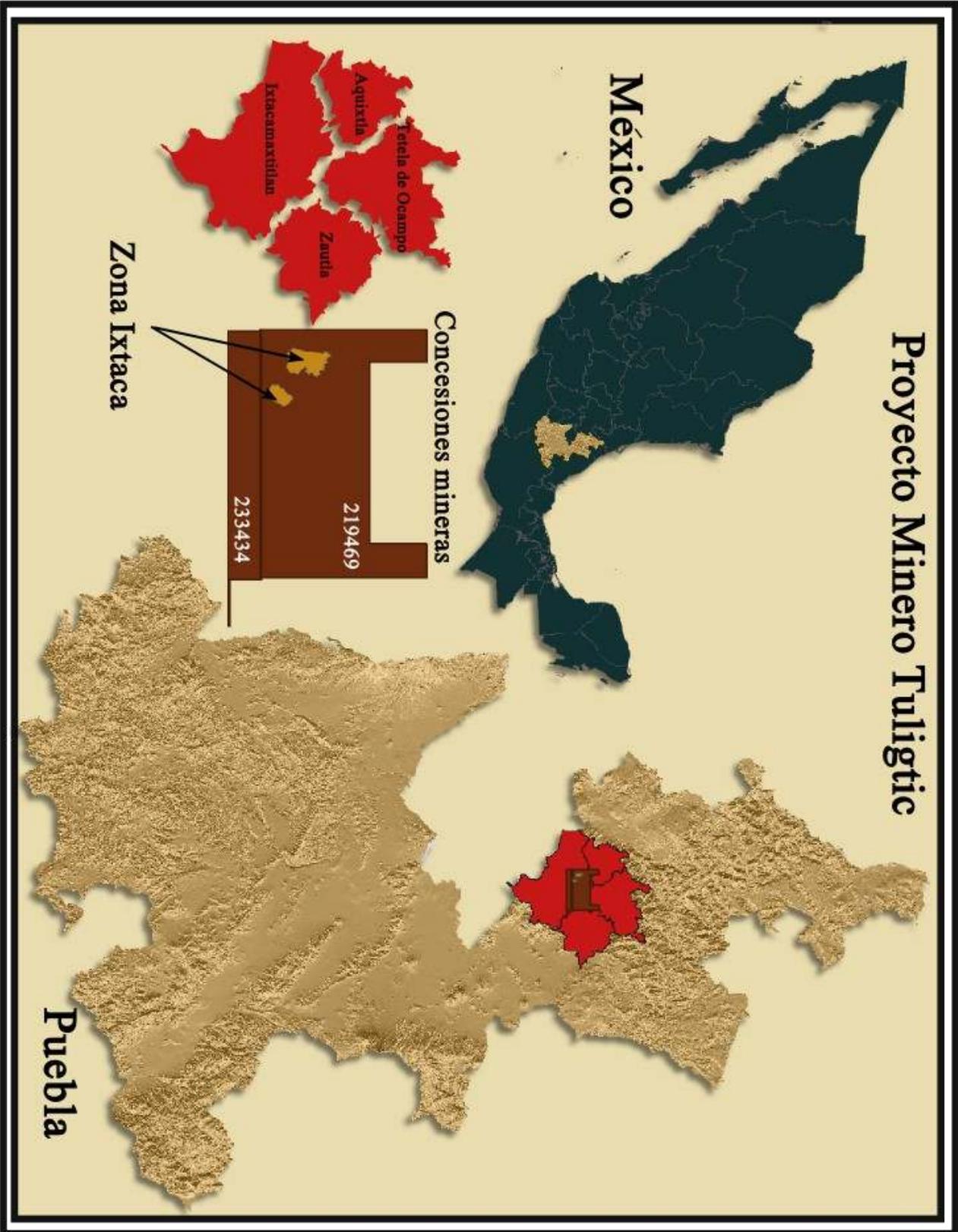
32Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo de impacto ambiental, sector minero, proyecto de exploración IXTACA III", de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-2011, ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán estado de Puebla," (Informe Preventivo, Semarnat, 2013), p. 203.

33SEMARNAT, delegación federal en el estado de Puebla, subdelegación de gestión para la protección ambiental y recursos naturales, "Resolución de Informe Preventivo relativo al proyecto denominado Exploración Minera Ixtaca III" oficio DPF/1835/14, p.10.

34El Reporte técnico (NI 43-101) es un Instrumento Nacional Canadiense que se realiza con el fin de informar sobre las actividades mineras y la viabilidad de estas actividades, se deben cubrir una serie de requisitos para integrarlo. El fin de este reporte obedece principalmente a intereses económicos, gastos reductibles, más que al establecimiento de una industria limpia, aunque sí contempla una serie de medidas de prevención para mantener a la industria dentro de las normas de seguridad establecidas en este caso por el gobierno mexicano, garantizando sus actividades para mantener la producción estable.

35Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project (Cranbrook, Canada: Moose Mountain Technical Services, 2014).

Proyecto Minero Tuligtic



3.2 Fase de Exploración (Informes preventivos)

3.2.1 “Ixtaca”

Se realizaron 75 planillas con dimensiones de 13x13 metros (169m²) dando un total de 12,675m², más 300m² de un área destinada a la realización de labores de mantenimiento para vehículos y maquinaria. El programa de operación del proyecto consiste en la realización de 75 barrenos a diamante con una profundidad promedio de 200 a 550 metros cada uno, según el informe preventivo para este caso.

3.2.2 “Ixtaca II”

El área requerida, denominada área de afectación según el Informe Preventivo correspondiente, es donde se llevaron a cabo las actividades de exploración. Estuvo compuesta por 180 planillas de barrenación (barrenos), con dimensiones de 10x10m (100m²) cada una, dando un total de 18,000m², más 1,955m lineales de brecha nueva y 936m lineales rehabilitados de caminos con 3m de ancho ambos. Área total de afectación: 26,676m².

3.2.3 “Ixtaca III”

El Informe preventivo para este caso reportó que el área del proyecto contempla la exploración de 18 planillas de barrenación a diamante (barrenos), las cuales abarcaron una superficie de 10x10, es decir 100 m² por cada planilla con una profundidad de entre 50 y 150 metros. Dichas planillas ocuparon un total de 1,800 m². El área proyectada quedará determinada por cuadros de 2,500 m² por las 18 planillas, dando un área total de 45,000 m². Lo anterior en concordancia con la NOM-120-SEMARNAT-2011, que indica no rebasar el porcentaje máximo de afectación de 25%. En el numeral 4.2.5 se indica que no debe excederse la afectación máxima por hectárea permitida, que para el caso de barrenación a diamante es de 720 m²/ha.

Según los Informes preventivos de los tres proyectos de exploración reportados ante SEMARNAT en la propiedad Tuligtic, la cantidad total de planillas o barrenos realizados fue de 273, que en cada caso variaron en área de afectación y profundidad alcanzada, aunque en Ixtaca II no se encontró información concerniente a la profundidad por barreno.

3.3 Antecedentes para el proyecto de explotación Reporte Técnico

Entre 2001 y 2013, la exploración realizada por Almaden en Tuligtic incluyó un mapa geológico y de prospección, caracterización mineralógica, muestras geoquímicas de roca y suelo, magnetismo de suelo, polarización inducida (IP) y resistencia, fuentes controladas de audiofrecuencia magnetoteléfica y de polarización inducida. Las inspecciones geofísicas resultantes dieron lugar a la identificación de zonas anómalas adicionales: Ixtaca, Ixtaca Este, Caleva, Azul y zona Sol (Figura 8). Se realizaron un total de 423 barrenos -150 barrenos más que los reportados en las tres fases ante SEMARNAT- en diamante en el Proyecto Oro-Plata Tuligtic, cuantificando 137,438 m. En todas las perforaciones se realizaron en el área de Ixtaca, las planillas de barrenación en diamante tuvieron un rango de longitud mínima de 60 m y un máximo de 701 m, con un promedio de 325 m.³⁶

El 31 de enero de 2013 se declaró la zona de recursos principal para Ixtaca. Consistió en un recurso mineral indicado de 56.99 millones de toneladas, compuestas por 2.02 millones de onzas de oro equivalente (AuEq) con un grado promedio de 1.10 g/t de AuEq; y un recurso mineral inferido de 41.53 millones de toneladas, que comprenden 1.55 millones de onzas AuEq a un grado promedio de

36Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project, p.37, 41.

1.16g/t de AuEq, cada uno utilizando un límite máximo de 0.5g/t AuEq. Los recursos del depósito Ixtaca se clasificaron como Indicadas (por análisis de muestras) e Inferidas (por análisis geológico) de acuerdo a las definiciones del reporte técnico 43-101 y del CIM (2005) (Tabla 2)^{37,38}

Tabla 2. Cálculos realizados de los recursos minerales para la zona de Ixtaca

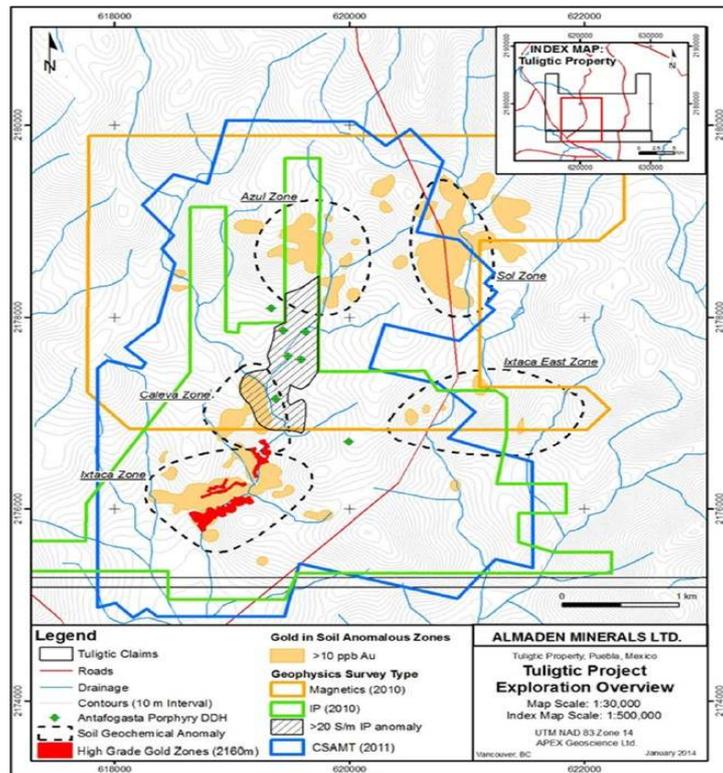
Table 1-1 Comparison of 2014 vs. 2013 Mineral Resource Calculation for Mineralized Portion of Blocks (with 0.5g/t AuEq Cut-off)

Year	Measured Resource			Indicated Resource			Inferred Resource		
	Tonnes	Grade AuEq (g/t)	Contained Metal x1000 AuEq (ozs)	Tonnes	Grade AuEq (g/t)	Contained Metal x1000 AuEq (ozs)	Tonnes	Grade AuEq (g/t)	Contained Metal x1000 AuEq (ozs)
2014	30,440,000	1.38	1,351	62,610,000	1.08	2,182	22,700,000	0.98	717
2013	-	-	-	56,990,000	1.10	2,019	41,530,000	1.16	1,552

1. Where Mineralized Portion of Blocks means one can mine to the boundaries of the mineralized domains
 2. $AuEq = Au + (Ag * 30/1540)$

Fuente: Tomado de Reporte Técnico.

Figura 8. Proyecto Tuligtic



Fuente: Tomado de Reporte Técnico.

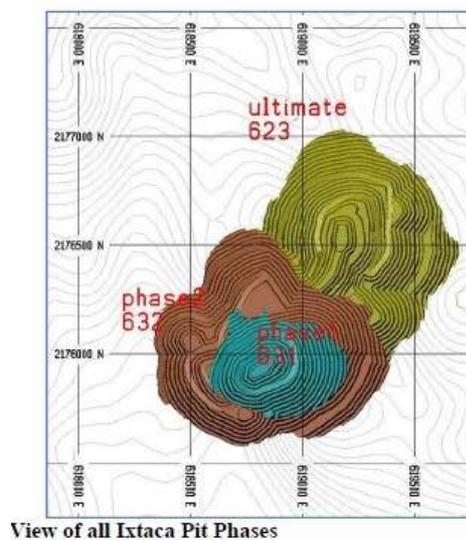
37Un recurso mineral indicado es aquella parte de un recurso mineral para la que la cantidad y calidad, densidad, forma y características físicas pueden ser estimadas con un grado de confianza suficiente que permite la aplicación apropiada de técnicas y parámetros económicos para sustentar la planeación y evaluación de la viabilidad económica del depósito. El estimado se basa en la información limitada y muestreos acumulados mediante la implementación de técnicas adecuadas en sitios con afloramientos, zanjas, pozos, perforaciones y barrenos espaciados de manera cercana para obtener una continuidad geológica que pueda ser asumida.

38CIM Definition Standards, for mineral resources and mineral reserves, (CIM Standing Committee on Reserve Definitions, 2005), consultado el 4 de octubre, 2015, .

3.3.1 Ritmo de producción

El plan de desarrollo propuesto para la explotación minera se basó en los resultados del Reporte Técnico mencionado anteriormente. En él se contemplan dos posibles escenarios de producción, uno que plantea la proyección de inicio con 30,000 t/d y otro en escalamiento, iniciando con una actividad de explotación de plata y oro de 7,000 t/d, aumentando a 9,000 t/d en tres años hasta alcanzar 30,000 t/d en el sexto año de actividades (Figura 9). Se calculó un tiempo de vida de 12.1 años de operaciones, con posibilidades de expansión.

Figura 9. Fases de explotación minera



Fuente: Tomado de Reporte Técnico.

El proyecto de explotación en esta zona se pretende realizar con actividades de minería a cielo abierto también llamado tajo. Los procesos dentro de la planta incluyen trituración convencional, pulverización, lixiviación, destilación y el proceso de extracción Merrill-Crowe. Cada proceso tiene como resultado un impacto sobre el ambiente que será analizado posteriormente.

4. Marco normativo para un ambiente sano

México fue el decimosegundo país en ratificar el Convenio de Diversidad Biológica (CDB) en 1993.³⁹ Como resultado del cumplimiento de los compromisos adquiridos en este convenio, en 1998 se publicó "La diversidad biológica de México: Estudio de país".⁴⁰ Este fue el primer diagnóstico de la situación de la biodiversidad del país, en el que se identificaron los principales usos, amenazas, necesidades y oportunidades para su conservación.⁴¹ Después de este estudio se formuló la

³⁹En 1992, durante la cumbre de Río, en respuesta a la preocupación por la pérdida de biodiversidad biológica, el calentamiento global y la degradación ambiental, se firmaron tres instrumentos internacionales: el Convenio Marco sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio de la Lucha contra la Desertificación (CNULCD) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Este último es un tratado mundial jurídicamente vinculante, cuyos objetivos son: 1) conservación de la diversidad biológica, 2) uso sostenible de sus componentes y 3) distribución justa y equitativa de los beneficios provenientes de la utilización de los recursos genéticos.

⁴⁰Naciones Unidas "Convenio sobre Biodiversidad Biológica" (Naciones Unidas, 1992), 32, consultado el 13 de octubre, 2015, .

⁴¹CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p. 18.

Estrategia Nacional de Biodiversidad de México (ENBM),⁴² en la que se planteó una visión a cincuenta años, en los que México lograría obtener un mayor conocimiento sobre su biodiversidad, detener y revertir los procesos de deterioro ambiental. En 2009 se publicaron los primeros tres volúmenes de "Capital Natural de México", esta obra utilizó el enfoque metodológico de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005).⁴³

En el 2010 se realizó una evaluación de los informes presentados por las partes del convenio (CDB), en la que se concluyó que la meta no se alcanzó.⁴⁴ Este panorama indica que la pérdida de diversidad biológica es constante y que en algunos casos se está intensificando, lo que está relacionado con los modos de producción y la obtención de bienes y servicios no sostenibles. El caso de México no es la excepción. "La pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas también conllevan una degradación cualitativa y cuantitativa de los servicios ambientales que nos prestan y de los cuales depende directamente el bienestar de todas las personas".⁴⁵

El Plan que regirá la vida del CDB, llamado "Vivamos en armonía con la naturaleza", tiene una visión para el 2050. Su propósito es que la diversidad biológica sea valorada, conservada, restaurada y utilizada de forma racional, con el objetivo de mantener los servicios de los ecosistemas en un planeta sano, que brinde los beneficios esenciales y necesarios para todos sus habitantes.

La comunicación más reciente con respecto al CDB se da en el Cuarto Informe Nacional de México, en el que se resalta la necesidad de evaluar, revisar y actualizar la ENBM para que sea un instrumento eficaz de planeación en materia de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Esta tarea cobra mayor sentido para México tras la reciente aprobación del Plan Estratégico del CDB para el periodo 2010-2020.

Para poder alcanzar los objetivos planteados en el CDB y las acciones propuestas en la ENBM a nivel federal, la CONABIO, en colaboración con los gobiernos estatales y los representantes de los diversos sectores de la sociedad, inició los trabajos de elaboración de las Estrategias Estatales sobre Biodiversidad (EEB). Los objetivos a largo plazo de estas estrategias son: Crear las herramientas estatales adecuadas para la toma de decisiones sobre la gestión de recursos biológicos; institucionalizar las políticas públicas en materia de biodiversidad; promover leyes sobre biodiversidad a nivel local, reparto equitativo de los beneficios del aprovechamiento y la conservación de la biodiversidad, y facilitar el intercambio científico, cultural y político referente a la biodiversidad a distintas escalas, en el marco del CDB.

Finalmente, en un esfuerzo de colaboración en el que participaron 31 instituciones estatales, nacionales y extranjeras y más de un centenar de autores, dio como resultado la publicación de "La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado", compendio de información actualizada y completa sobre la diversidad biológica del estado.

Los instrumentos generados a nivel internacional con respecto al ambiente surgieron a finales de los 60 y principios de los 70, cuando comenzó a ponerse mayor énfasis en las cuestiones ambientales referentes a la generación de desechos y efectos sobre agua, aire y suelos. En Estados Unidos se creó la *Environmental Protection Agency* (EPA), dependencia encargada de administrar un

42CONABIO, "Estrategia nacional sobre biodiversidad de México" (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México 2000), 103, consultado el 13 de octubre, 2015, .

43Otra acción emprendida a nivel internacional fue realizada en el año 2000 por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), quien solicitó una Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005). En esta acción participaron 1,360 expertos de 95 países con el objetivo de evaluar las consecuencias del cambio en los ecosistemas para el bienestar humano.

44 El acuerdo realizado en 2002 durante la Sexta Conferencia de las Partes del CDB, acordó para el 2010 una reducción significativa del ritmo de pérdida de la biodiversidad como una contribución a la reducción de la pobreza (Meta al 2010).

45CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p.18.

programa ambiental. En 1972, las Naciones Unidas organizaron una conferencia sobre el ambiente humano en Estocolmo, en la que se proclamó, dentro de los principios 1 y 2, que “[...] el hombre tiene derecho fundamental a la libertad, igualdad y las condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que permita llevar una vida de dignidad y bienestar, y tiene que proteger y mejorar al medio ambiente para las generaciones presentes y futuras”.⁴⁶ En el mismo año se realizó La Convención del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, cuyo objetivo fue crear una lista de los recursos naturales y sitios cuyos valores insustituibles debían preservarse para las futuras generaciones y se establecieron lineamientos para garantizar la protección de estos sitios a través de la cooperación internacional.⁴⁷

En 1992 se organizó la “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro, en la que se afirmó que “[...] los Estados tienen derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar que las actividades no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional”. La Cumbre de la Tierra y la consecuente aprobación de la Agenda 21, constituyen un parteaguas en el tema del medio ambiente y los recursos naturales. A partir de entonces, se iniciaron acciones destinadas a mitigar los cambios en el régimen climático global producto de la emisión de gases de efecto invernadero, reducir el ritmo de desertificación de los suelos, disminuir la pérdida de la biodiversidad y, más recientemente, regular el movimiento transfronterizo de mercancías de preocupación global, como los organismos vivos modificados y los materiales peligrosos por su toxicidad.

A nivel regional, la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de derechos económicos, sociales y culturales en el año 1988, proclamó en el artículo 11 del Protocolo adicional del “Protocolo de San Salvador” que establece que “[...] toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y contar con servicios públicos básicos. Los Estados promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente”. En el año de 1981 México ratificó la Convención Americana sobre Derechos Humanos “Pacto de San José” y en 1996 el “Protocolo de San Salvador”.

Muchos otros han sido los esfuerzos por conciliar puntos de vista sobre las cuestiones ambientales en diferentes escenarios económicos sociales y políticos. Aunque sus resultados no se pueden considerar alentadores, han servido para alertar a la población mundial sobre los problemas ambientales. “La opinión pública es, después de todo, el medio más eficaz con que contamos para obligar a la acción política”.⁴⁸

A nivel nacional con relación al medio ambiente:

El Artículo 2o. A. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos dice: “Esta Constitución reconoce y garantiza el derecho de los pueblos y las comunidades indígenas a la libre determinación y, en consecuencia, a la autonomía para:

V. Conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras en los términos establecidos en esta Constitución”.⁴⁹

En el mismo tenor, el artículo 4o. establece el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, afirmando que “el estado garantizará el respeto a este derecho.

46Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, 1972, 4: 2, consultado el 12 de octubre, 2015, .

47UNESCO, “Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París 1972), 16, consultado el 14 de octubre, 2015, .

48J. Glynn Henry y Gary W. Heinke, *Ingeniería Ambiental*, (México: Prentice Hall, 1999),64, consultado 24 agosto, 2015, .

49Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (México: Cámara de Diputados, LXIII Legislatura, 2015), artículo 2º A, V.

El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley". Este mandato constitucional implica la protección del conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados. "Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines".⁵⁰

Leyes generales

-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA):

Artículo 1o.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

-Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Artículo 1o.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

-Ley General de Vida Silvestre

Artículo 1o. La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por la ley forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.

-Ley de Responsabilidad Ambiental

Artículo 1o.- La presente Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio

⁵⁰Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 4º.

ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. El régimen de responsabilidad ambiental reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

El proceso judicial previsto en el presente Título se dirigirá a determinar la responsabilidad ambiental, sin menoscabo de los procesos para determinar otras formas de responsabilidad que procedan en términos patrimoniales, administrativos o penales.

-Ley general de cambio climático

Artículo 1º. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Reglamentos Federales

-Reglamento de la Ley General de vida Silvestre

-Reglamento de la Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas

-Reglamento de la Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente en materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales

-Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

-Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico

-Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

-Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

-Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

-Reglamento de la Ley para el aprovechamiento Sustentable de la Energía

Leyes para actividades mineras

-Ley Minera.

Artículo 1. La presente Ley 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. Artículo reformado DOF 24-12-1996, 28-04-2005 Artículo 2. 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.

-Reglamento de la Ley Minera

Leyes y Reglamentos Estatales Ambientales

- Ley para la protección del ambiente natural y el desarrollo sustentable del Estado de Puebla
- Ley de Protección al ambiente y al Equilibrio Ecológico del Estado de Puebla
- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla
- Reglamento de ecología y Protección al Ambiente del Municipio de Puebla
- Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

Normas oficiales

-Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental de Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Normas para actividades mineras

-Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011, que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

-Norma oficial Mexicana NOM-023-STPS-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo, cuyo objetivo es: Establecer los requisitos mínimos de seguridad y salud en el trabajo para prevenir riesgos a los trabajadores que desarrollan actividades en las minas subterráneas y a cielo abierto.

-Norma oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y posoperación de presas de jales.

-Norma oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Criterios de remediación de suelos contaminados por metales. Tiene como objeto establecer los criterios para la caracterización y determinación de concentraciones para la remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio, vanadio y sus compuestos inorgánicos; así como los propios criterios de remediación.

-Norma oficial Mexicana NOM-0032-STPS-2008. Seguridad en minas subterráneas de carbón. Tiene como objetivo establecer las condiciones y requisitos de seguridad en las instalaciones y funcionamiento de las minas subterráneas de carbón, con el propósito de prevenir o mitigar riesgos a los trabajadores que laboren en ellas; resulta aplicable a todas las minas subterráneas donde se desarrollen actividades relacionadas con la extracción de carbón.

5. Fase de exploración y riesgos ambientales para Ixtacamaxtitlán en observación con las normas ambientales

Los minerales son un recurso no renovable, es decir, que la vida de las minas es finita y la minería representa un uso temporal de la tierra. El ciclo de vida minero puede ser dividido en las

siguientes fases: exploración, desarrollo, extracción o explotación y procesamiento, y cierre de mina.⁵¹

Dentro de la fase de exploración las empresas mineras deben apegarse a la Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-1997 ("Ixtaca") y NOM-120-SEMARNAT-2011 ("Ixtaca II" e "Ixtaca III"), que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos. Esta norma considera que para proteger el medio ambiente es necesario reducir o eliminar los efectos negativos que las actividades de exploración minera directa podrían ocasionar sobre los recursos naturales y la vida silvestre.⁵²

Para la determinación de la cantidad y calidad del contenido mineral del subsuelo se realiza la fase exploratoria. Para este caso, se realizó con el método de muestreo por barrenación a diamante, cuya finalidad es la perforación del manto rocoso. Este método consiste en cortar y/o recuperar los testigos cilíndricos de rocas o suelo que se atraviesan con los sondeos, lo que proporciona información sobre el perfil litológico y geológico del subsuelo con relación a la profundidad a explorar. En esta fase es necesario apegarse a las leyes y normas ambientales, que establecen las pautas a seguir para reducir el daño ambiental en el lugar de las exploraciones.

Hay tres datos que nos permiten trazar una idea más clara de lo que implica la barrenación a diamante: las perforaciones generalmente tienen una profundidad de entre los 300 m y 1,500 m y tienen un diámetro de entre 5 y 8 cm; en promedio, una perforación de 600 metros toma entre 6 y 10 días.

Se le nombra perforación a diamante porque generalmente las brocas que se utilizan en la barrenación están hechas de diamante, ya que por su dureza este material es suficientemente resistente para el trabajo. Durante este proceso debe evitarse la contaminación de los mantos acuíferos, de los que se obtiene agua para uso humano. Para ello, es necesario que no entre agua de la superficie, sellar los barrenos y utilizar agua potable en el proceso.⁵³

5.1 Acuíferos y profundidades

Según la NOM-120-2011 (3.2), un acuífero es: "Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo".

La importancia del agua subterránea es mayor en países como México, con extensas regiones áridas en las que el subsuelo suele ser la principal y única fuente permanente de agua.⁵⁴

Actualmente, la misión de la Comisión Nacional del Agua es administrar y preservar las aguas nacionales, promoviendo la participación de la sociedad para lograr el uso sustentable del recurso. La Comisión considera que la participación de la sociedad es indispensable para alcanzar las metas

51Michael J. McKinley, "Mining," en *Pollution Issues (sitio web)*, 2015, consultado el 14 de agosto de 2015, .

52Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-2011, que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos (México: Comité Consultivo Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

53"Bedrockcore drilling: Mineral exploration in Minnesota," *Idea Drilling*, consultada 6 agosto, 2015, .

54"Agua subterránea," CONAGUA, consultada 15 agosto, 2015, .

trazadas para cada cuenca del país, entre otras cosas porque los habitantes pueden dar la continuidad que se requiere a las acciones planteadas.

Uno de los principios de los que parte esta misión es: "El agua se preserva: es el elemento que cierra el concepto de sustentabilidad. Si bien se reconoce que el agua debe proporcionar bienestar social y apoyar el desarrollo económico, la Comisión Nacional del Agua está convencida de que se debe preservar en cantidad y calidad adecuadas para las generaciones actuales y futuras y la flora y fauna de cada región".⁵⁵

El Informe preventivo para la fase Ixtaca se apejó a la NOM-120-1997, que con respecto a los acuíferos dispone: "Antes de realizar cualquier actividad de exploración minera directa se deberá verificar en la Comisión Nacional del Agua, la posible existencia de mantos acuíferos en la zona en que se pretende desarrollar dicha actividad. Cuando sea cortado un acuífero por las actividades del proyecto o cuando se detecte la presencia de minerales radiactivos en algún horizonte rocoso, se notificará a la Comisión Nacional de Agua y a la Secretaría de Energía, respectivamente."⁵⁶

Debido a que, según los datos reportados en el Informe Preventivo Ixtaca III, las perforaciones para este proyecto se realizaron a profundidades que sobrepasan el nivel del acuífero, es necesario revisar si existen las notificaciones pertinentes. El Informe Preventivo Ixtaca menciona una profundidad promedio de perforación de 200 a 550 m.⁵⁷

Para los proyectos de exploración Ixtaca II e Ixtaca III, realizados de acuerdo a la NOM-120-2011, se lee: "Antes de realizar cualquier actividad de exploración minera directa se deberá verificar la posible existencia de mantos acuíferos en la zona en que se pretende desarrollar dicha actividad, de tal manera que la obra de exploración no llegue al nivel freático. En caso de que se detecte la presencia de minerales radiactivos, se sujetará a lo establecido en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear" (Numeral 4. Especificaciones, 4.1. Especificaciones generales, 4.1.4)

El Informe Preventivo IXTACA III incluye la figura 10 y la resolución del Informe Preventivo relativo al proyecto denominado Exploración Minera Ixtaca III de SEMARNAT, dice: "Las actividades de perforación se llevarán a cabo con un cierto ángulo de inclinación, la profundidad promedio que se contempla no rebasará los 150 m de profundidad vertical, por lo que tomando en consideración lo que manifiesta el promovente de que el acuífero confinado en medio fisurado se encuentra a una profundidad de 158.8 a 196.15 metros, se desprende que no se producirá ninguna afectación sobre él" (Figura 10).^{58,59}

Tabla 3. Datos sobre la profundidad alcanzada en la barrenación de los proyectos denominados Ixtaca y comparativo con lo reportado en el Reporte Técnico

55"Historia," CONAGUA, consultada 15 agosto, 2015, .

56"NORMA Oficial Mexicana, Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos".

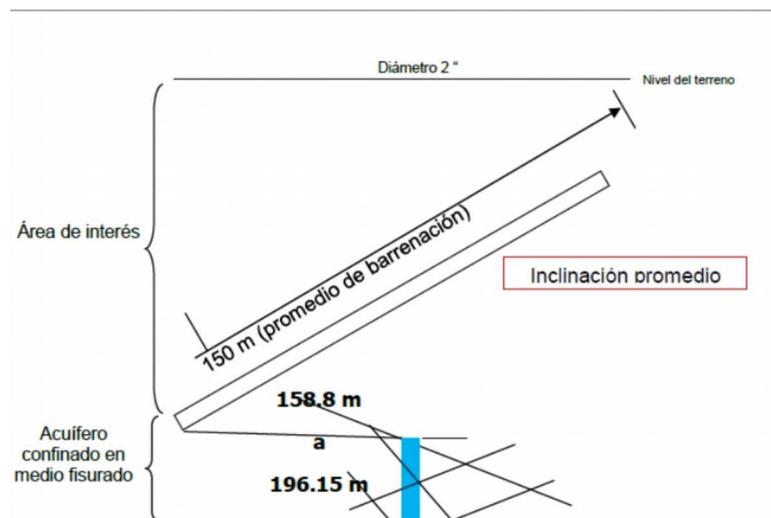
57Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo del proyecto de exploración minera denominado IXTACA, de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-1997, ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán Estado de Puebla," (Informe Preventivo, Semarnat, 2011), 23.

58 En este caso el promovente es la empresa Compañía Minera Gavilán, S.A. de C.V. quien presenta ante SEMARNAT el Informe Preventivo (IP) y solicita la evaluación y resolución del IP referente a las obras y/o actividades que pretende realizar para llevar a cabo el proyecto ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla.

59Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo del proyecto de exploración minera denominado IXTACA III, de acuerdo a la NOM-120-SEMARNAT-2011, ubicado en el municipio de Ixtacamaxtitlán Estado de Puebla," (Informe Preventivo, Semarnat, 2014), 13.

PROYECTO	IXTACA⁶⁰	IXTACA II⁶¹	IXTACA III⁶²	REPORTE TÉCNICO⁶³
NOM	NOM-120-SEMARNAT-1997	NOM-120-SEMARNAT-2011	NOM-120-SEMARNAT-2011	N/A
FECHAS	Octubre 2011	Abril 2013	Abril 2014	2010-2014
No BARRENOS	75	180	18	423
PROFUNDIDAD (m)	200-550	variable	50-150	60-701

Figura 10. Imagen tomada del Informe Preventivo Ixtaca III para ejemplificar que las perforaciones se realizarán sin afectar el acuífero



La información presentada sobre las profundidades de barrenación para los tres proyectos de perforación con respecto a la presencia de mantos acuíferos hace necesario verificar en la NOM-120-2011, numerales:

6. Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

6.3 Durante la evaluación de la conformidad se deben constatar

6.3.4 Las investigaciones realizadas para verificar la presencia de acuíferos en la zona en que se pretende desarrollar la actividad de exploración.

6.3.5 Que el responsable haya verificado la existencia de mantos acuíferos y material radiactivo conforme al numeral 4.1.4.

5.2 Barrenos

En la NOM-120-2011 se leen los siguientes numerales:

- 4. Especificaciones
- 4.1 Especificaciones generales
- 4.2 Especificaciones particulares
- 4.2.1 Barrenos.

60IXTACA, p. 23.

61IXTACA II, p. 43.

62IXTACA III, p. 13.

63Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project, pp.40-42.

- 4.2.5 Planillas de barrenación. Dimensiones: No se consideran dimensiones, sólo se ajusta a la superficie de afectación por el tipo de barreno o ajuste de la plantilla de barrenación, de acuerdo con los siguientes parámetros: -Superficie a afectar: a) Barrenación a diamante con un total de 720 m²/ha (setecientos veinte metros cuadrados por hectárea).
- 4.3 Límite máximo de afectación por hectárea. Las especificaciones de los trabajos de campo mencionados anteriormente, se determinan con base en las condiciones geológicas y fisiográficas del proyecto, no siendo siempre necesaria la ejecución de toda la gama de trabajos descritos, por lo que el porcentaje de afectación máximo permisible por hectárea de la superficie del sitio del proyecto definida en esta Norma, no deberá rebasar el 25% (veinticinco por ciento), sin considerar la superficie que ocupen actividades que se lleven a cabo en áreas afectadas por trabajos ajenos a la minería.

En el caso de exploración por etapas en un mismo sitio, sí deberá considerarse la afectación generada en etapas anteriores. Por ello se hace necesaria la revisión de las coordenadas de los sitios de barrenación de las tres etapas de exploración reportadas ante SEMARNAT en los Informes Preventivos y las que se encuentran en el Reporte Técnico. Lo anterior en relación a la existencia de áreas en las que se observa una cantidad superior a la permitida de barrenos por hectárea. Los cuadrantes con mayor densidad de perforaciones están en el Reporte Técnico en la página 67 en los siguientes cuadrantes:

(x) 618,500 mE -618,750 mE, (y) 2,175,750 mN -2,176,000 mN;

(x) 618,500 mE -618,750 mE, (y) 2,176,000 mN -2,176,250 mN;

(x) 618,750 mE -619,000 mE, (y) 2,176,000 mN -2,176,250 mN

La división de los cuadrantes puede ser un tanto subjetiva, ya que depende de dónde se marquen los límites que dividen el terreno y dónde queden colocadas las perforaciones. Recordemos que dentro de los Informes Preventivos se especifica que para Ixtaca cada barreno representó una planilla con superficie de 13X13 m y en los Informes Preventivos de Ixtaca II e Ixtaca III cada planilla de barrenación tuvo un área de 10X10 m. Dado que la superficie de afectación permitida es de 720 m², el máximo permitido de barrenos deberá ser 4 para Ixtaca y 7 para Ixtaca II e Ixtaca III.

Para visualizar esta distribución, en el Reporte Técnico se incluyeron imágenes. En la figura 11, en la que cada cuadro rojo representa una hectárea, pueden observarse los cuadrantes con mayor densidad de barrenos. En la figura 12 puede observarse la ubicación de los más de 7 barrenos que superan la cantidad máxima permitida.⁶⁴

Por otro lado, de acuerdo con el Reporte Técnico las actividades de perforación de la denominada etapa preliminar que se realizaron en la zona principal de Ixtaca (Main Ixtaca Zone) comenzaron en el mes de julio del año 2010, mientras que las de la segunda etapa, realizada en la zona norte de Ixtaca (Ixtaca North Zone), se llevaron a cabo durante todo el 2011. Sin embargo el permiso solicitado a SEMARNAT para la primera etapa reportada (Ixtaca) vencía el 28 de Noviembre del 2011. Por lo tanto las actividades preliminares y parte de las que siguieron en la segunda etapa del Reporte Técnico no contaron con las evaluaciones requeridas ante SEMARNAT ni fueron supervisadas para corroborar que el manto acuífero y la zona afectada se hayan mantenido sin perturbación (Tabla 3).

64Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project, p.67.

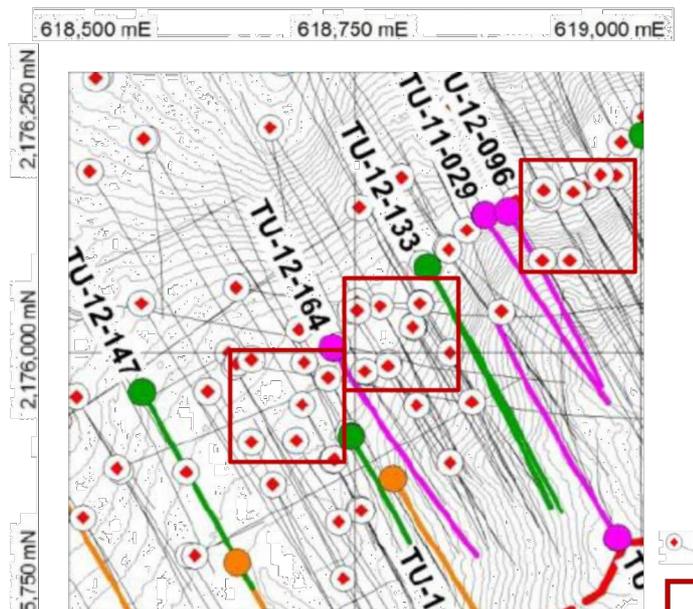
Tabla 4. Años de actividades de perforación realizadas en la propiedad Tuligtic

Table 10-1 Tuligtic Property Drilling Summary 2010-2013

Year	Holes Drilled (total m)	Main Ixtaca Zone	Ixtaca North Zone	Chemalaco Zone
2010	14 (6,465m)	Discovered as sub-vertical body trending NE defined over 400m strike		
2011	85 (30,644m)	Defined over 600m strike	Discovered as parallel sub-vertical zone to Ixtaca Main	
2012	126 (44,862m)	Defined over 650m strike High-grade mineralization intersected to 300m	Defined over 400m strike High-grade mineralization intersected to 300m	Discovered as a WSW moderate-steeply dipping body, defined over 350m strike, trending approximately N-S High-grade mineralization intersected to 550m (600m down-dip)
2013	198 (55,467m)	Tested over 1,000m strike High-grade mineralization intersected to 300m	Delineated as two distinct parallel zones High-grade mineralization intersected to 32m	Defined over 450m strike as splayed body dipping 55 degrees WSW with overall down-dip 700m Splayed subzone dips 25-50 degrees, defined over 250m strike, 400m down-dip

Fuente: Tomado del Reporte Técnico

Figura 11. Cuadrantes con mayor cantidad de barrenos que superan a los autorizados por la NOM-120-2011



Fuente: Sección tomada del Reporte Técnico

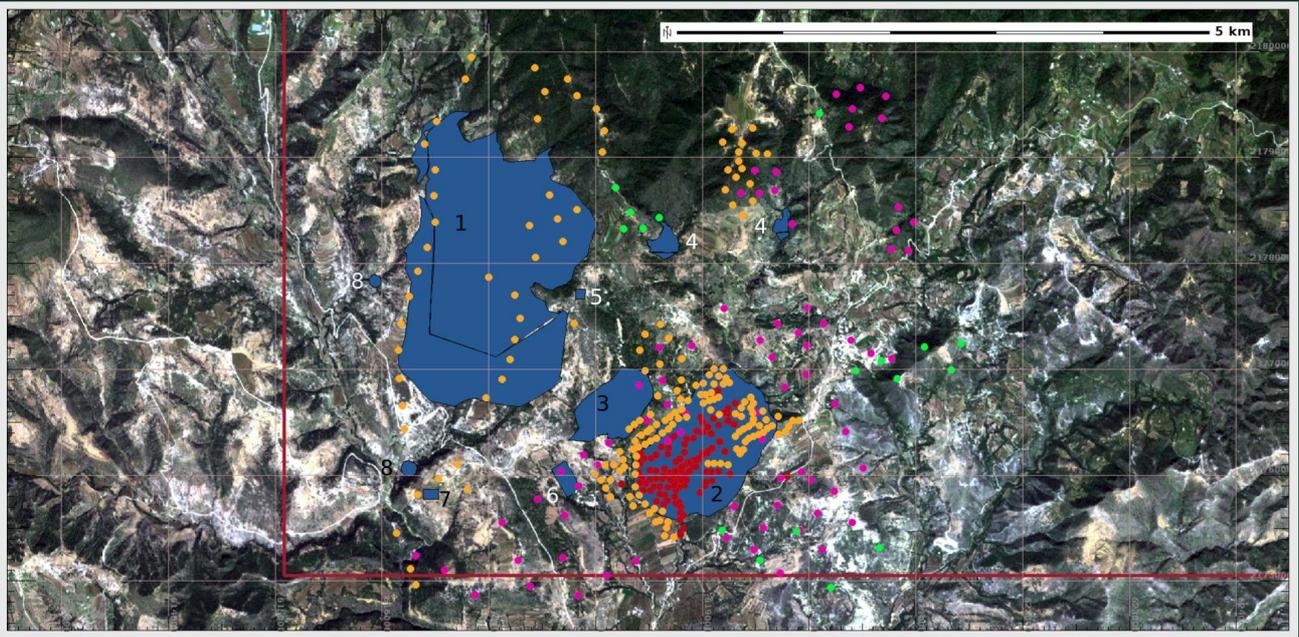
Los párrafos de la NOM-120-2011 mencionados en esta sección sobre las especificaciones para la presencia de acuíferos y barrenos, responden a las inconsistencias o puntos de interés encontrados durante la revisión de los Informes preventivos Ixtaca, Ixtaca II e Ixtaca III con respecto a la presente norma, así como a las inconsistencias del Reporte Técnico. Este documento no obedece a las leyes mexicanas, aunque debería hacerlo, puesto que se refiere a actividades

realizadas dentro del territorio nacional. Por lo anterior, en caso de haber incurrido en violaciones a la NOM-120-2011 se lee en el numeral 8.1:

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Impacto Ambiental y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Figura 12. Perforaciones realizadas en la zona minera de Ixtacamaxtitlán

Barrenos del proyecto minero Ixtaca



 Polígono de la concesión minera 219469	Área del proyecto minero 1 Zona de Relave 2 Zona de minería a cielo abierto 3 Zona de acopio temporal 4 Dique 5 Planta de procesos 6 Almacén de mantenimiento 7 Almacén de explosivos 8 Recolección de agua	Barrenos de acuerdo a los informes preventivos presentados en SEMARNAT ● Ixtaca ● Ixtaca II ● Ixtaca III	TECHNICAL REPORT PRELIMINARY ECONOMIC ASSESSMENT OF THE IXTACA PROJECT ● Barrenos Anexo I	
--	--	--	--	--

Fuente: Elaborado por Mayeli Sánchez

5.3 Flora y fauna

Respecto a la flora y fauna del lugar, la NOM-120-2011 establece que:

4.1.20 Cuando se prevea que el proyecto pasará a la etapa de explotación, como medida de compensación a los impactos generados por las actividades de exploración minera directa, se realizará la restauración forestal en alguna área vecina, en donde no se realicen labores que perjudiquen sus resultados, para lo cual deberá presentar ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales o su Delegación Federal correspondiente el programa de restauración.

4.1.21 En las actividades de restauración, se utilizarán únicamente individuos de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas nativas. El material recuperado durante las actividades de desmonte (esquejes, semillas o material trasplantado) y conservado para tal fin, será empleado en estas actividades.

4.1.22 Una vez realizada la restauración se presentará a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o a su Delegación Federal correspondiente un reporte en el que se manifiesten las condiciones finales del sitio, la ubicación de un plano topográfico de las zonas reforestadas, superficiales, listado de especies empleadas y actividades de seguimiento de las plantaciones. De haber realizado actividades de traslado de fauna o rescate de individuos de vegetales se deberán indicar las acciones realizadas tendientes a garantizar su supervivencia y los resultados obtenidos. Dicho reporte se deberá acompañar por anexo fotográfico.

Los puntos con respecto a las actividades de reforestación se mencionan previendo que sean cumplidas y estén en proceso.

6. Fase de desarrollo

La fase de desarrollo de la mina consta de diversas actividades: un análisis financiero a partir del cual se toma la decisión de abandonar o desarrollar actividades dentro del terreno, el diseño de mina, la adquisición de derechos mineros, la evaluación de impactos ambientales y la preparación de la zona para la producción. Es importante subrayar que durante la preparación, antes de que comience el proceso minero como tal, pueden ocasionarse daños ambientales por la excavación y remoción del suelo.

Debido a que los metales minerales están usualmente combinados en la naturaleza con otros materiales, una vez triturados, las menas deben ser tratadas generalmente con químicos o calor para obtener el metal de interés.⁶⁵ Por lo tanto, hay contradicciones intrínsecas entre las técnicas utilizadas en la minería y el cuidado del medio ambiente. Algunos de los factores que afectan la minería a nivel global son las regulaciones ambientales, costes energéticos, costos de trabajo, acceso a la zona de interés, tecnologías, tiempo para obtener los permisos mineros, proximidad a los mercados.⁶⁶ La minería ha incrementado el cambio de orden al competir en naciones que tienen menores costes de labor –por ejemplo, menos restricciones medioambientales y bajos costos energéticos.⁶⁷

Toda extracción y uso de recursos lleva implícito un cierto impacto ambiental, aunque no todos son evidentes inmediatamente. Algunos son sutiles, otros pueden no afectar a la zona de uso y

⁶⁵Michael D. Craig, Mark J. Garkaklis, Giles E. St J. Hardy, Andrew H. Grigg, Carl D. Grant, Patricia A. Fleming y Richard J. Hobbs, "Ecology of the western bearded dragon (*Pogona minor*) in unmined forest and forest restored after bauxite mining in south-west Western Australia," *Australian Journal of Zoology*, no. 55 (2007), consultado 14 de agosto de 2015, p.107. .

⁶⁶Juan Herrera Herbert y Fernando Pla Ortiz de Urbina, *Métodos de Minería a Cielo Abierto* (Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, 2006), consultado 14 agosto, 2015, .

⁶⁷Sacher, "El modelo minero canadiense," *Acta Sociológica*, p.49.

otros pueden tardar mucho en aparecer. Independientemente de la naturaleza del impacto, es importante su cuidadosa identificación y valoración, así como el esfuerzo por disminuir sus efectos negativos, ponderando siempre los efectos nocivos frente a los beneficios obtenidos por el uso de recursos.⁶⁸

7. Fase de explotación: minería a cielo abierto, impactos en el ambiente

Desde que las actividades de exploración minera inician en una zona, hay un impacto en el ambiente que, en menor o mayor grado, afecta a la vegetación y fauna circundante. Cuando la fase de extracción inicia, se generan severos procesos de deterioro de los suelos, con la consecuente pérdida de fertilidad y de potencial para el desarrollo de prácticamente cualquier actividad agropecuaria. Por otro lado, cuando una mina a cielo abierto cierra, deja en su lugar un gran agujero, sin que haya tierras estériles suficientes para rellenarlo, salvo a un gran coste. Entonces, el efecto sobre el medio ambiente es permanente.

Además del impacto que las actividades mineras puedan tener en el paisaje, el ambiente puede verse afectado en una zona más amplia por cambios en la distribución y química de las aguas subterráneas o superficiales.⁶⁹ Los cambios en el uso de suelo debidos a las necesidades alimenticias y económicas provocados por el aumento demográfico también han afectado el ambiente. En respuesta, en los últimos años las políticas públicas han procurado la restauración y recuperación de las zonas afectadas. Una actividad altamente invasiva como la minería a cielo abierto estaría en contraposición con los planes nacionales e internacionales sobre el cuidado ambiental y los programas relacionados al calentamiento global.^{70,71}

A continuación se enlistan los elementos identificados en el medio ambiente que podrían sufrir algún impacto debido a las actividades de minería a cielo abierto planeadas para el Proyecto Ixtaca, tanto en el medio físico (Tabla 5) como en el medio biótico (Tabla 6). La identificación de los factores ambientales se hace con el fin de detectar aquellos elementos en el medio ambiente cuyos cambios pueden provocar modificaciones, que pueden ser consideradas positivas o negativas. Los criterios que se aplican para su definición son los siguientes:

- Que sean representativos del sitio afectado.
- Que sean relevantes debido a que dan información significativa de la magnitud e importancia del impacto.
- Que sean excluyentes, es decir que la información que proporcionan no sea repetitiva.
- Que sean de fácil identificación para obtener información estadística, cartográfica o de trabajos de campo.
- Que sean de fácil cuantificación, aunque en ocasiones no son tangibles.⁷²

Tabla 5. Grupos de impacto sobre el medio físico

68J.R. Craig ,D.J. Vaughan, B.J. Skinner, *Recursos de la Tierra* (Madrid: Pearsons Education, S.A., 2007), p.56.

69Craig, Vaughan y Skinner, *Recursos de la Tierra*, p.56.

70International Council on Mining and Metals (ICMM), *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry* (London, UK: International Council on Mining and Metals, 2013), consultado 4 agosto, 2015, .

71 Ley General de Cambio Climático (México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2015).

72Vicente Conesa Fernández-Vítora, Vicente Conesa Ripoll, Verónica Capella Calatayud, L. Alberto Conesa Ripoll, "Auditorías medioambientales, guía metodológica" (Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1997), p- 177.

Elemento del Medio	Factor Ambiental	Impacto Producido
Tierra	Suelo	Destrucción Directa Alteración Características Edáficas
	Morfología	Alteración de la Topografía
Atmósfera	Componentes Atmosféricos	Gases, polvos, humos
	Ruidos	Incremento de Niveles Sonoros
Agua	Superficial	Alteración del flujo de caudales
	Subterránea	Alteración de flujo de agua
Procesos Geofísicos	Erosión	Aumento de la erosión inducida
	Sedimentación	Aumento de la sedimentación inducida
	Estabilidad	Estabilidad de Laderas, vibraciones
Paisaje	Vistas	Impacto visual

Tabla 6. Grupos de Impacto sobre el medio biótico

Elemento del medio	Actividad	Impacto
Flora	Desbroce de la vegetación	Remoción de la vegetación y deforestación
	Perforación, carga y voladura	
	Construcción vial	
	Residuos de estéril	
	Infraestructura	

	Abandono de la mina Botaderos de sedimentos	
Fauna	Construcción vial Perforación, carga y voladuras Excavaciones Transporte de material Desbroce de la vegetación Infraestructura Residuos de estéril	Alteración del hábitat natural y desplazamiento de la fauna
Equilibrio Ecológico	Destrucción de la vegetación Perforación, carga y voladura Construcción vial Acarreo de material Abandono de la mina Escombreras Movimientos de tierras	Alteración del flujo de energía y material de formación Pérdida de biodiversidad

7.1 Caracterización de los impactos ambientales al medio físico

Una vez que se han descrito el medio ambiente del área de estudio y el proyecto minero, puede procederse a evaluar el impacto ambiental provocado por las actividades de minería a cielo abierto. Esta evaluación consiste en la identificación de los cambios que ocurrirán durante las actividades de la empresa sobre los medios físico y biótico. Estos medios conforman el ecosistema y se refieren a las características físicas del área y a los seres vivos que habitan en ella. Para el medio físico nos centraremos en la atmósfera (calidad de aire), hidrogeografía (aguas superficiales y subterráneas) y geología y geomorfología (topografía). Para el biótico, en la flora (vegetación), fauna (animales) y equilibrio ecológico.

7.1.1 Tierra

Debido a las modificaciones por construcción de caminos de acceso a la mina y a la alteración de la geomorfología de la zona, las actividades de minería a cielo abierto alterarán las formas del relieve y composición del suelo. Particularmente la remoción de estéril y actividades mineras implican cambios en la geomorfología a corto plazo y de carácter irreversible.

Otro efecto de la minería será el aumento de los procesos erosivos, causados por la eliminación del horizonte edáfico en el área de explotación. El horizonte edáfico es la capa superficial del suelo, entre los 0 cm y 30 cm de profundidad, y tiene la mayor cantidad de materia orgánica y mínimo contenido de roca. Además de los efectos anteriores, también se provoca el desecamiento del suelo en la zona circundante, hundimientos y formación de pantanos en caso de que el nivel de las aguas subterráneas vuelva a subir.

7.1.2 Atmósfera

7.1.2.1 Polvo

Uno de los principales contaminantes del aire en el área de estudio son las nubes de polvo, causadas por el tráfico de camiones en los caminos no pavimentados, por las voladuras, escombreras y las perforaciones hechas para la actividad de voladura, que generan partículas en suspensión en función de la granulometría, humedad y vientos predominantes. Estas partículas son transportadas a distancias variables, en temporadas de sequía se incrementan las emisiones de polvo notablemente, lo que disminuye la calidad del recurso natural aire.⁷³

7.1.2.2 Ruido

Otro factor contaminante son las emisiones de ruido. Las producidas por la minería pueden ser:

- Continuas y variables: se producen emisiones continuas de ruido ocasionadas por el movimiento de maquinaria en el sitio de trabajo. Las variables son generadas por los procesos tecnológicos de la preparación mecánica para obtener el tamaño adecuado de roca para el proceso de extracción final, así como por el paso de camiones de volteo, equipos de carga y vehículos de menor tamaño, en los que se transporta combustible, materia prima, y artículos de primera necesidad.

- De alta intensidad: se consideran emisiones de alta intensidad las explosiones o detonaciones que se efectúan en el proceso diario de trabajo minero y que alteran significativamente las condiciones de calidad de vida de las poblaciones circundantes.⁷⁴

7.1.3 Agua

Con respecto al agua superficial, los residuos sólidos finos provenientes del área de explotación, provocan elevación de la capa de sedimentos en los ríos de la zona.⁷⁵ También podrían provocar contaminación en los ríos cercanos a la zona los diques y lagunas de oxidación mal construidas o sin mantenimiento y el inadecuado manejo, almacenamiento o transporte de insumos como combustibles, lubricantes, reactivos químicos y residuos líquidos.⁷⁶

El agua de los acuíferos se podría contaminar por la presencia de aceite usado, reactivos, sales minerales provenientes de botaderos de productos sólidos residuales de los procesos de tratamiento, así como por las aguas de lluvia contaminadas con contenidos de dichos botaderos, o aguas provenientes de los diques de colas (jales).^{77,78,79} También se puede provocar el descenso en

73 Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Estudios y Proyectos Mineros S.A., *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, (Madrid: ITGE, 1989), 73, consultado 1 agosto, 2015, .

74ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p. 88.

75David S. Hammond, Judith Rosales y Paul E. Ouboter, *"Gestión del impacto de la explotación minera a cielo abierto sobre el agua dulce en América Latina"* (Banco Interamericano de desarrollo, 2013) 33: 9, consultado el 15 de octubre, 2015, .

76Norberto Costa, 12 de septiembre de 2000, comentario sobre "Cronología de algunas de las fallas más importantes a nivel mundial" Blog Mundo Contaminado (sitio web), posteo el 9 de septiembre de 2011, consultado el 15 de octubre, 2015, .

77WWF, *La Catástrofe de Aznalcóllar*, X Aniversario: ¿Una lección aprendida?, Madrid, España, 2008, 41, consultado 15 de octubre, 2015, .

78Como ejemplo, un caso en España en el que la rotura de un muro de contención de una balsa de decantación (jales) provocó un vertido tóxico que tuvo graves efectos para los ecosistemas del río Agrio y del Guadiamar en su tramo medio bajo, este último con gran valor ecológico por su vegetación y fauna; sin embargo existen incontables casos en los que se ha provocado la contaminación de ríos por derrames de tóxicos procedentes de las actividades mineras.

79Hammond, Rosales y Ouboter, *"Gestión del impacto de la explotación minera a cielo abierto sobre el agua dulce en América Latina"*, pp.18-19.

los niveles de estas aguas subterráneas cuando son fuente de abastecimiento de agua fresca para operaciones de tratamiento de minerales.⁸⁰

7.1.4 Procesos geofísicos

Las actividades de construcción de los caminos de acceso a la zona de trabajo y la explotación de las menas con la operación de maquinaria como buldózer, retroexcavadoras, camiones y palas mecánicas, remueven gran parte del suelo, produciendo un incremento de la erosión en el área de la mina.

7.2 Caracterización de los impactos ambientales al medio biótico

Uno de los efectos más inmediatos y evidentes de la actividad minera será la remoción de la vegetación y, eventualmente, de la flora que existe en la superficie del yacimiento y de las vías de acceso al mismo. En el área de estudio se observan especies vegetales que, pese a ser consideradas vegetación secundaria, son fundamentales, ya que disminuyen la erosión y consecuente pérdida de mayor cobertura vegetal.

El polvo puede influir en la flora más próxima a la mina y provocar la destrucción parcial o modificación de esta en el área circunvecina. Además, se ejerce presión sobre los bosques existentes en el área, que pueden ser destruidos, así como en las áreas de cultivo y ganadería.

Los impactos de la minería sobre la fauna se dan indirectamente. Por un lado, la contaminación auditiva y los sobresaltos generados por voladuras, tráfico pesado y otras maquinarias alteran las costumbres de apareamiento –al interferir en los ruidos durante la época del celo-, producen el abandono de nidos durante la cría por parte de los progenitores y la emigración de algunas especies. Por otro lado, la contaminación del aire y del agua, así como la erosión de los amontonamientos de residuos estériles, son causa de envenenamiento por reactivos residuales contenidos en aguas provenientes de la zona de explotación. La elevación del nivel de sedimentos en los ríos afecta particularmente la vida acuática.⁸¹ Además, la explotación minera afecta particularmente a las especies de hábitos más sedentarios, como reptiles, mamíferos pequeños y aves, aunque en menor escala.⁸²

7.2.1 Fragmentación

La fragmentación es el proceso de división de un hábitat continuo en secciones. Un hábitat es el ambiente que ocupa una población, como un bosque, un arroyo o las dunas de arena. Tras la división, los fragmentos resultantes difieren del hábitat original, ya que son de menor tamaño, están aislados en mayor o menor grado y tienen efectos de borde.

Los efectos de borde son las diferencias que percibimos, por ejemplo en las orillas de los bosques, donde se produce un microclima distinto, debido al viento, la temperatura y la humedad. Esto produce diferencias en la composición, estructura y función de una franja cercana al borde, que ocasionan cambios en la abundancia de las especies y en sus relaciones ecológicas. Debido al efecto de borde, el tamaño funcional de los fragmentos resultantes es menor que el de su tamaño real. Una vez que inicia un proceso de fragmentación, desencadena una serie de modificaciones en los

⁸⁰ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.88.

⁸¹Luis Enrique Sánchez, "Impacto sobre los ecosistemas" (Departamento de Ingeniería de minas, Escuela Politécnica de la Universidad de San Paulo), 328, 329, consultado el 15 de octubre, 2015, .

⁸²Montes de Oca, "Estudio del impacto ambiental y medidas de rehabilitación" , p.5-9.

procesos ecológicos que impactan en las poblaciones y comunidades de flora y fauna, los suelos y el agua, que responden al cambio de la nueva estructura de los fragmentos.⁸³

8. Caracterización de los impactos ambientales por procesos de extracción y deposición de materiales

8.1 Proceso Merrill Crowe

Los procesos y operaciones que se realizan dentro de una mina a cielo abierto consisten básicamente en la excavación, que descubre el mineral tras el movimiento del estéril hacia los vertederos interiores o exteriores. Esto se hace mediante la perforación de barrenos, en los que se coloca una carga de explosivos para fragmentar la roca en tamaños manipulables por una máquina de carga (excavadora o pala), que las coloca sobre camiones de volteo, vagones de ferrocarril o cintas transportadoras, requiriendo para este caso un tamaño específico.⁸⁴ Para tener una idea más clara de cómo se realiza y cuáles pueden ser sus consecuencias ambientales, describiremos los pasos del proceso de extracción de metales Merrill Crowe.^{85,86}

Después del proceso de trituración, las menas se amontonan en un cúmulo que se coloca sobre una plataforma de lixiviación (leach pad). Los cúmulos pueden ser pequeños (6 mil toneladas) o grandes (600 mil toneladas). Las plataformas de lixiviación varían en tamaño, llegando a tener aproximadamente entre uno y 50 acres (1 hectárea equivale a 2.471 acres). Las plataformas de lixiviación tienen un forro (liner) de materiales sintéticos y/o naturales que se usan para "tratar" de evitar filtraciones. A veces, las operaciones utilizan forros dobles o triples.⁸⁷

Una vez que el mineral triturado es apilado en las plataformas de lixiviación, un sistema de regaderas las rocía con solución de cianuro expulsada a una velocidad de 0.005 galones por minuto por pie cuadrado. Para un cúmulo pequeño (de 60 por 60m). Esta velocidad equivale a 200 galones por minuto (757.08 litros por minuto). La solución de cianuro contiene entre 0.14 y 2.35 kg de cianuro por tonelada de agua y tiene una concentración promedio de 0.05 % (alrededor de 250 miligramos por litro de cianuro libre), su función es lixiviar, es decir, lavar y amalgamar, las partículas microscópicas de oro del mineral mientras se filtra por el cúmulo. Los ciclos de lixiviación pueden durar días o meses, dependiendo del tamaño del cúmulo y de la calidad del mineral.

La solución de cianuro que contiene el oro -llamada la "solución encinta"- fluye por gravedad a un embalse de almacenamiento, desde el que se traslada a la planta de recuperación de metales usando bombas o zanjas con forros.

Los métodos más usados para la recuperación del oro contenido en la solución encinta son la precipitación con zinc -el método Merrill-Crowe- y la absorción con carbón. En el proceso de precipitación con zinc, se agrega zinc en polvo y sales de plomo a la solución encinta. El oro se precipita -se separa- de la solución mientras el zinc en polvo se combina con el cianuro. Luego se funde el precipitado para recuperar el oro. Los productos finales de este proceso son el oro en barras (gold ore bullion) y una solución de cianuro sin oro -la "solución estéril"- (barren solution), que se

83Semarnat, "Pérdida y alteración de los ecosistemas," en *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo* (México: Semarnat, 2007), 15-42, consultado 13 agosto, 2015, .

84Herrera, *Métodos de Minería*, p.3.

85Craig, Vaughan y Skinner, *Recursos de la Tierra*, 116-118,359-360,484.

86Zinc Precipitation on Gold recovery, consultado el 5 de agosto, 2015. .

87El uso de varios forros efectivos es económicamente viable y ventajoso para el ambiente, dado que una plataforma con filtraciones pueden contaminar los recursos hídricos con cianuro.

transfiere con bombas a un embalse de almacenamiento. En este proceso también se origina material de desecho (slag material) que consiste en impurezas, incluyendo metales pesados, que normalmente se descargan en un cúmulo de material de desecho. Por razones ambientales y económicas, todos los embalses de almacenamiento tienen forros para evitar escapes de la solución de cianuro.

Las operaciones de extracción por lixiviación con cianuro pueden usar un sistema cerrado o abierto para el manejo de la solución de cianuro. En un sistema abierto, con el fin de cumplir con las normas aplicables de calidad de agua para concentraciones de cianuro, se trata o se diluye la solución estéril que queda después de recuperar el oro antes de descargarla al ambiente. En cambio, en un sistema cerrado, se reutiliza o recicla la solución estéril para minimizar la necesidad de más cianuro y cumplir con las normas ambientales aplicables en el sitio minero.

8.2 Presas de jales y riesgo ambiental

La función de las presas de residuos o jales es almacenar permanentemente los estériles sólidos y retener temporalmente los efluentes líquidos procedentes de las plantas de tratamiento. Cuando esos efluentes contienen contaminantes tóxicos, las presas deben ser diseñadas para albergar el agua durante un largo periodo de tiempo, hasta que se degraden las sustancias químicas perniciosas o hasta que se evapore el agua.

Estas presas generalmente se construyen por etapas, siguiendo el desarrollo de operaciones. En muchos casos, los residuos son utilizados como material de construcción del dique de presa. Estas presas han tenido que mejorar sus diseños debido a las exigencias de seguridad y protección ambiental ya que las avalanchas de lodos y fangos producidas por su ruptura han provocado graves accidentes con irreparables pérdidas humanas y materiales.^{88,89} Las causas más comunes de los accidentes son las construcciones inadecuadas para el sitio, con capacidades insuficientes que se desbordan con las lluvias fallas en la retención de los muros, mala cimentación o erosión interna. Estos problemas disminuyen la disponibilidad de agua en las poblaciones aledañas, lo que afecta a la agricultura y la ganadería. También contaminan los ríos y lagos cercanos e inundan los alrededores con materiales tóxicos. Ya que las presas de jales son uno de los principales riesgos para la salud humana y ambiental, las autoridades deben prestar especial atención a su construcción.

Para tener una idea más clara de los riesgos que representan las presas de jales, también llamadas colas o balsas de residuos mineros, se realizó una búsqueda sobre casos reportados de accidentes en minas que se dedican particularmente a la explotación de oro, plata y cobre como metales principales. Aunque el sitio y el ritmo de producción son diferentes, los tóxicos generados son similares, por lo que pueden ser comparados con el proyecto de explotación de Ixtacamaxtitlán.

8.2.1. Compañías mineras involucradas en desastres ambientales a nivel mundial

Algunos de los accidentes mineros ocurridos desde 1960 hasta la fecha y que, por tratarse de minas de oro, plata y cobre que pudieran estar combinadas con otro tipo de minerales de extracción, sirven como referente para nuestros caso, son:

88 ITGE, *Manual de restauración de minas de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.317.

89 "Chronology of major tailing dam failures," en *WISE Uranium Project (sitio web)*, 28 de Julio, 2015, consultado 28 Julio, 2015, .

- Imperial Metals Corp. (Canadá): un aluvión de más de cinco millones de metros cúbicos de lodos tóxicos inundó el área debido a un accidente ocurrido por falla en dique de contención de la balsa minera en Columbia Británica. La mina ha reanudado operaciones con la recomendación gubernamental de reducir sus actividades a un 50% para que el manejo de los residuos sea eficiente. A la par sigue trabajando en la rehabilitación de la zona.⁹⁰
- Karamken Minerals Processing Plant (Rusia): años antes de ocurrir el accidente se realizaron varias inspecciones por parte de algunas organizaciones preocupadas por la seguridad ambiental del área. En ellas se encontraron diversas anomalías. Días antes del accidente se solicitó la verificación de contaminantes en el agua a las autoridades, acción que no pudo llevarse a cabo por el derrame de tóxicos debido a la ruptura de la presa de residuos, afectando el río Khasyn, la pesca local de salmón y amenazando la salud pública. El gobierno municipal es el responsable de la supervisión y mantenimiento de las presas de desechos, pero no tuvo la capacidad de manejo de la gran cantidad de desechos generada por la mina.⁹¹
- Zhen'an County Gold Mining Co. Ltd. (China): se registró un desplazamiento de lodos que sepultó 40 cuartos. 17 personas desaparecieron y más de 130 residentes locales fueron evacuados. El río Huashui fue contaminado con cianuro de potasio contaminando más de 5 km río abajo.⁹²

Otros casos de desastres en minas productoras de oro:

- Aurul S.A. (Esmeralda exploration) Australia (50%) y Remin S.A. (44.8%) (Rumania): Debido a una falla en la presa de jales se derramaron 100,000 m³ de residuos contaminados con cianuro en la corriente del Lapus, tributario del Somes, Tiza y río Danubio, matando toneladas de peces y envenenando el agua utilizada para uso doméstico de más de dos millones de húngaros. Esta mina originalmente contenía 4.43 millones de toneladas de sólidos, con un grado promedio de 0.60 g/ton. Las causas de la falla de la presa se atribuyeron a un diseño inadecuado, combinado con intensas lluvias y nieve derretida. El análisis del evento reportó capacidad insuficiente del embalse, monitoreo inadecuado de la construcción y operación, aunque las condiciones ambientales fueron el factor que provocó la falla.⁹³
- Boliden Ltd. Canadá (España): un diseño inadecuado y un mal estudio geotécnico sobre la dinámica de suelos, fueron la causa de la rotura del dique perimetral de la presa de jales de la mina. Se derraman residuos -aproximadamente 2 millones de m³ de lodos y unos 4 Mm³ de aguas ácidas- que alcanzaron el cauce del río Agrio, llegando hasta el río Guadimar y afectando el Preparque de la Junta de Andalucía. La empresa minera realizó la remediación de la zona con un costo que no le permitió volver a operar la mina y tuvo que cerrarla. Diversos estudios se han realizado después del derrame encontrando niveles superiores de metales pesados en la fauna del sitio comparados con los de otros sitios tomados como referencia, además la presencia de malformaciones es evidente en aves de la zona.⁹⁴

90"Mount Polley Mine" en *Imperial Metals (sitio web)*, septiembre, 2015, consultado el 16 de octubre, 2015, .

91Paul Robinson, "Karamken dam break information", consultado el 14 de octubre, 2015 .

92"Chronology of major tailing dam failures," en *WISE Uranium Project*, consultado el 10 de mayo, 2015

93Wise Uranium Project "The Aurul S.A. tailings dam failure, Baia Mare, Romania", consultado el 14 de octubre, 2015, <http://www.wise-uranium.org/mdafbm.html>

94F.J. Ayala Carcedo, "La rotura de la balsa de residuos mineros de Aznalcóllar (España) de 1998 y el desastre ecológico consecuente de río Guadimar: causas, efectos y lecciones" *Boletín Geológico Minero* 115, no. 4 (octubre 2015): 711-798, consultado 14 de octubre, 2015, .

- Manila Mining Corp. (Filipinas): debido a la rotura de un canal de drenaje conectado a un reservorio de agua, ubicado bajo la mina activa, se derramaron contaminantes al río Boac. Durante el evento que duró cinco días se derramaron 10 m³ por segundo de residuos contaminados con cobre, zinc, cadmio y plomo. Al menos 24 aldeas y 4,000 personas especialmente las que habitan cerca del río fueron afectadas.⁹⁵ Un 40% de la empresa está en manos de la canadiense Placer Dome Inc.
- Golden Star Resources Inc., Colorado, Canadá (65%), Estados Unidos (30%) en (Guyana): la ruptura de la presa de jales provocó el derrame de 3 Mm³ de agua con desechos de cianuro y otros residuos que incluyeron metales pesados. El gobierno declaró el área como zona de desastre y dos ríos fueron severamente afectados. Algunas personas fueron hospitalizadas por sospecha de envenenamiento con cianuro y otras con ampollas en la boca después de consumir agua. Seis meses después del derrame, la mina fue reabierta.⁹⁶
- Harmony Gold Mines (África): una falla en el muro de la represa provocó el derrame de 600,000 m³ de desechos. La fuga viajó cerca de 2 km cubriendo alrededor de 500,000 m². Provocó la pérdida de 17 vidas humanas.⁹⁷
- Grupo México (México): En agosto de 2014 se derramaron 40 Mm³ de sulfato de cobre por fallas en una tubería de salida de una represa de la minera Buenavista del Cobre de Cananea, en Sonora. Este evento provocó la contaminación del río Bacánuchi (64 km), afluente del río Sonora (190 km), afectando los municipios de Baviácora, Huépac, Banámichi, Aconchi, San Felipe de Jesús, Arizpe y Ures, con una población total aproximada de 24,048 habitantes. Los contaminantes encontrados fueron: cobre, arsénico, aluminio, cadmio, cromo, fierro, manganeso y plomo en niveles superiores a las normas ecológicas de salud.⁹⁸

Tras esta revisión, destacan algunos puntos respecto a este tipo de accidentes y derrames de tóxicos, sus consecuencias sobre el ambiente y cómo repercuten directamente sobre los habitantes de las poblaciones aledañas a las minas. Los avances en la tecnología minera en los últimos 100 años la han hecho económicamente factible para la extracción de metales de baja ley en respuesta al declive en los precios, pero no son equiparables con los avances en la eficiencia del manejo y responsabilidad ambiental de los volúmenes exponencialmente expansivos asociadas a los desechos, colas y aguas tóxicas.⁹⁹ Además, la mayoría de las compañías mineras en las que han ocurrido desastres son corporaciones transnacionales (TNC's por sus siglas en inglés). Estas compañías han utilizado su dinero, tamaño y poder para influenciar negociaciones internacionales y tomar ventaja, ya que las fuentes de empleo que ofrecen crear y los impuestos que pagarán dan lugar a una relación desigual entre las TNC's y los gobiernos que están en países en desarrollo. Por otro lado, las TNC's no suelen consultar a la gente local sobre sus planes de desarrollo.

95Johanna Son, "Filipinas, compañía minera provoca desastre ambiental", *Inter Press Service*, 5 de abril 1996, consultado el 14 de octubre 2015, .

96John Madeley, "Big business, poor peoples: The impact of transnational corporations on the world's poor (London & New York, Zed Books Ltd, 1999), 97.

97Michael Davies, Tood Martin and Peter Lighthall "Mine Tailing dams: When things go wrong", AGRA Earth & Environmental Limited, Burnaby, BC (2002): 8, consultado el 11 de octubre, 2015, .

98LXII Legislatura, Cámara de Diputados, "Primer informe de trabajo de la comisión especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes a los ríos Sonora y Bacanuchi", *Gaceta Parlamentaria 4113-V*, (septiembre, 2014): 3,4, consultado el 12 de octubre, 2015, .

99Lindsay Newland Bowker y David M. Chambers, "The risk, public liability, & economics o tailings storage facility failures", (Julio 2015): 18, consultado el 12 de octubre, 2015, .

La minería es la quinta industria más grande en el mundo, por su naturaleza es también una de las actividades más destructivas del medio ambiente. En años recientes esta industria se ha desplazado hacia el hemisferio sur, donde las oportunidades son mayores y la industria minera tiene menos regulaciones. Ya que la sostenibilidad no es una prioridad en la agenda minera de las TNC's, es necesaria una regulación internacional de la industria para asegurar los derechos humanos y laborales, así como estándares ambientales estrictos.¹⁰⁰

En el pasado, las presas se construían en áreas seleccionadas bajo los criterios de condiciones topográficas favorables y proximidad a las plantas de tratamiento, ahora se deben satisfacer requerimientos ambientales y de seguridad que implican factores geológicos, climáticos, de hidrología superficial y disponibilidad de terrenos (Tabla 7). Las características que necesariamente deben tomarse en cuenta para la construcción de una presa de jales son: el tipo de suelo, si se trata de una zona sísmica, la precipitación mensual, tomando en cuenta los máximos, y las normas de seguridad.¹⁰¹

Tabla 7. Factores que influyen en la ubicación y diseño en las presas de residuos

Factores locales	Características de los lodos	Características de los efluentes	Limitaciones ambientales
Geología	Producción de residuos	Calidad de aire	
Sismicidad ¹⁰²	Granulometría	Calidad de las aguas superficiales	
Topografía	Contenido de arcilla	Calidad de las aguas subterráneas	
Red de drenaje	Composición química	Requerimientos de restauración	
Condiciones de agua subterránea	Método de vertido	Drenaje de agua superficial	
Precipitaciones	Densidad de los lodos		
Evaporación	Lixiviabilidad		
	Características químicas: pH, cationes metálicos, potencial de óxido reducción		
	Toxicidad		
	Producción de efluentes		
	Capacidad de circulación		
	Necesidades de evaporación		

100The Courier ACP-EU, "Transnational corporations and developing countries: big business poor peoples", no. 196 (enero-febrero 2003) consultado 17 de octubre, 2015, .

101ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.45.

102Debe considerarse la sismicidad del área y la proximidad a fallas potencialmente activas. Cuando existen riesgos sísmicos el comportamiento dinámico de las presas y el riesgo de rotura por licuefacción ha de considerarse, ya que el fenómeno de licuefacción por movimientos vibratorios provoca una elevación de las presiones de poro y los sólidos se comportan como un fluido denso, haciendo que las presas que son estables en condiciones estáticas, no lo sean en condiciones dinámicas (sismos).

En el Reporte Técnico se proyecta la construcción de los embalses de residuos tomando en cuenta los siguientes criterios: 1) proximidad a la zona de corta, 2) diferencia en la elevación entre la zona de corta y el dique final, 3) tamaño de dique, 4) área de captación, 5) expansión potencial, 6) uso actual de la tierra y 7) consideraciones sobre la tenencia/arrendamiento de la tierra.

Se han presentado diversas opciones de construcción para las presas de jales, aunque la más viable para el proyecto de Ixtacamaxtitlán será determinada en próximos estudios. Sin embargo el método de construcción señalado es el de aguas arriba. En comparación con otros, este método, presenta las siguientes características que deberán someterse a consideración:

- 1) Características de los lodos: consta de al menos 40% al 60% de sólidos, tiene baja densidad de pulpa para favorecer la segregación de las partículas.
- 2) Procedimiento de descarga: periférica y controlada.
- 3) Capacidad para almacenamiento de agua: mala.
- 4) Resistencia sísmica: mala.
- 5) Ritmo de elevación aconsejado: menor de 4,5 a 9 m/año, mayor de 15 m es peligroso.
- 6) Material de los diques: arenas de lodos, estériles de mina y suelos naturales.
- 7) coste relativo: bajo.

La sismicidad es un elemento crucial a evaluar, ya que este método es el más susceptible frente a fenómenos de licuefacción, por lo que deberá ser comparado con otros métodos que representen un riesgo menor.^{103,104}

Por lo anterior, hay que señalar cuál es el riesgo sísmico en el estado de Puebla:

El estado de Puebla posee un conjunto de características fisionómicas complejas. Presenta grandes elevaciones y plegamientos, depresiones, fracturas y dislocaciones que indican movimientos de corteza terrestre en continuo desarrollo que muestra una inestabilidad manifestada por una importante sismicidad de origen tectónico y volcánico. El municipio de Ixtacamaxtitlán está ubicado en la zona denominada penisísmica. Esta zona se denomina así porque registra una actividad menor de eventos sísmicos con respecto a la zona sísmica, sin embargo la diferencia en frecuencia e intensidad no exime a la zona penisísmica de registrar eventos de esta índole.¹⁰⁵ De acuerdo a la Regionalización Sísmica de la República Mexicana, en la que se clasifican los municipios según el grado de peligro al que están expuestos, el municipio de Ixtacamaxtitlán se ubica en la zona B, que corresponde a aquellas zonas intermedias, en las que los sismos no se registran tan frecuentemente.¹⁰⁶

9. Análisis de microcuencas en el municipio de Ixtacamaxtitlán

Un análisis a partir de una escala de microcuenca permite delimitar un área con características específicas, por ejemplo, los recursos naturales e infraestructura en la que las personas desarrollan sus actividades económicas y sociales. Aunque la denominación de microcuenca

103Moose Mountain Technical Services, NI 43–101 technical report, 168.

104ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, pp. 48-49.

105Raúl Serrano Lizaola, "Instrumentación sísmica del estado de Puebla", *Elementos no. 14 vol. 2*, (México): 47, consultado el 7 de octubre, 2015.

106Carlos Gutiérrez Martínez, "Clasificación de municipios de la República Mexicana de acuerdo con la regionalización sísmica", (CENAPRED, Mayo de 2000):28, consultado el 21 de octubre, 2015, .

puede ser relativa, para su determinación se utilizan criterios que resultan adecuados para determinar los efectos que diferentes eventos pueden tener en un área. Para el presente caso, permite determinar el efecto que la minería a cielo abierto tiene sobre un área dentro del municipio de Ixtacamaxtitlán y cómo repercutirá directamente en la calidad de vida de las poblaciones de la zona. Este análisis muestra, por ejemplo, que las acciones que se realizan en las partes altas de una cuenca tienen efectos en la sostenibilidad o degradación del ambiente en las partes bajas. Por lo tanto, a partir de este estudio se pueden determinar cuáles serán las poblaciones que queden dentro del perímetro de afectación directa y qué otros aspectos del medio físico y biológico serán modificados.

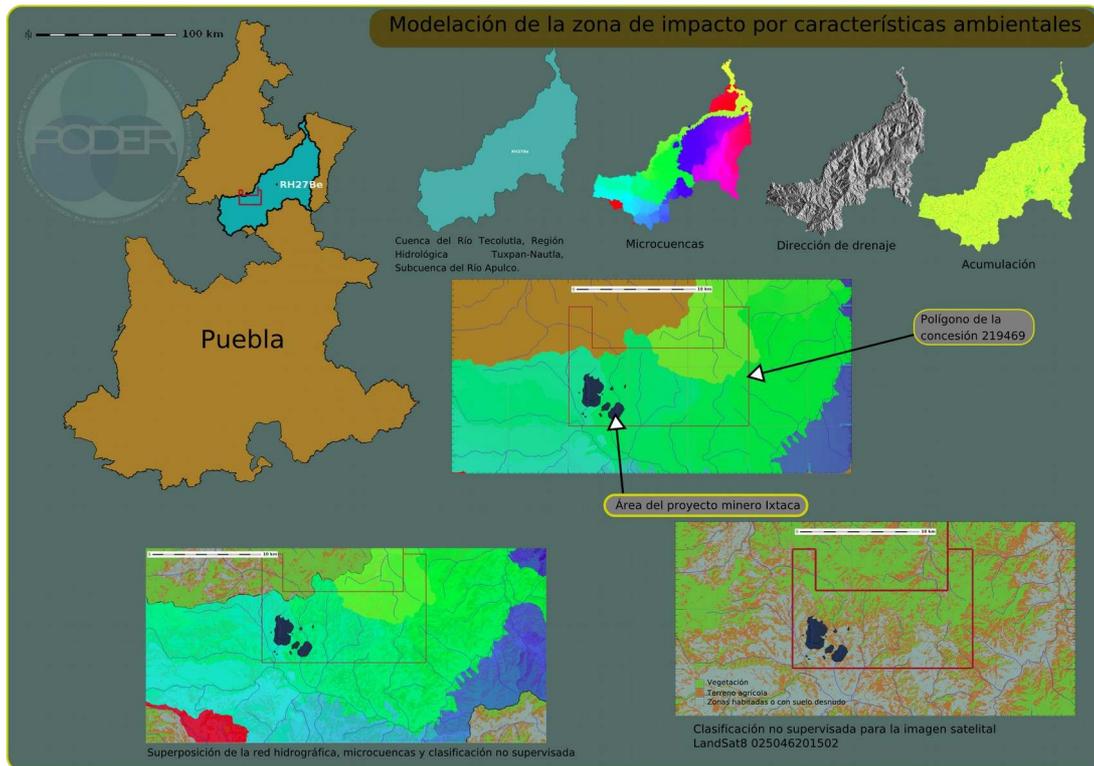
9.1 Descripción de la zona

Debido a que no existe un programa de Ordenamiento Ecológico para esta zona, los criterios que se aplicaron para definirla son los siguientes: a) dimensión del proyecto, distribución de obras y actividades a desarrollar; b) factores sociales (poblados cercanos); c) rasgos geomorfológicos, hidrográficos, meteorológicos y tipos de vegetación y d) tipo, características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades ambientales (ecosistemas).

La descripción general de la zona se realizó tomando en cuenta la caracterización utilizada en los Informes preventivos "Ixtaca" e "Ixtaca II", en la que el área se denomina microcuenca Santa María Sotoltepec.

El área del proyecto en la que se desarrollan los procesos mineros y a partir de la que se generarán impactos sobre el ambiente se encuentra en la región hidrológica número 27 Tuxpan-Nautla, en la cuenca hidrológica del río Tecolutla, subcuenca del río Tecuantepec (RH27Be). La cuenca del río Tecolutla cuenta con una superficie dentro del estado de 4,443.984 km², lo que representa el 12.46% de la superficie estatal. Es importante señalar que en esta área los cuerpos de agua superficiales y subterráneos que integran la cuenca hidrológica están interconectados. Por otro lado, la subcuenca del río Apulco se extiende en la vertiente septentrional de la Sierra Madre Oriental en el Estado de Puebla, con una superficie de 3,167.17 km². La subcuenca tiene una forma oval inclinada, cuyo extremo derecho apunta hacia Veracruz (noreste) y el izquierdo a Tlaxcala (suroeste) (Figura 13).

Figura 13. Región hidrológica número 27 Tuxpan-Nautla, en la cuenca hidrológica del río Tecolutla, subcuenca del río Tecuantepec (RH27Be)

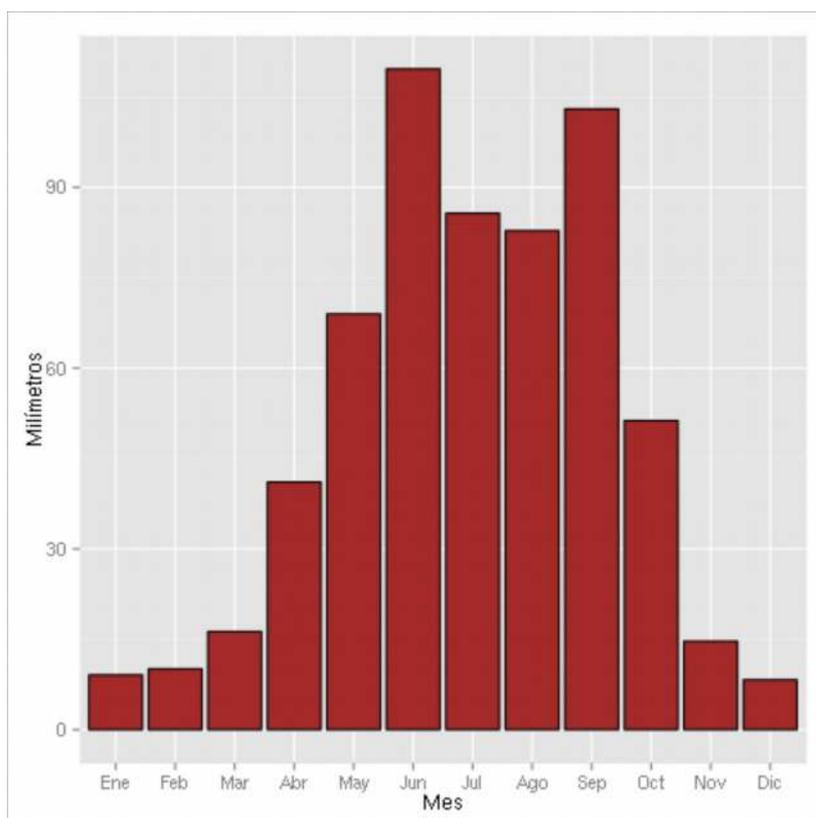


9.1.1. Clima

De acuerdo a la ubicación geográfica y a las características topográficas, la microcuenca Santa María Sotoltepec presenta tres tipos de clima predominantes: el templado subhúmedo (C(w1)), al sur semiárido templado (BS1kw) y templado subhúmedo (C(w0)).

En la parte norte de la microcuenca, la precipitación total anual tiene un rango promedio registrado de 600-800 mm. Los datos mensuales, según la estación meteorológica Ixtacamaxtitlán (CFE) se presentan en la siguiente figura (Figura 14).

Figura14. Precipitación promedio anual para los años 1954-2009



Fuente: Elaborado con datos de software Erix III Versión 3.2 SEMARNAT, IMTA

Las sequías se presentan entre noviembre y abril, siendo diciembre, enero y febrero los meses más secos. Las partes bajas reciben escasa precipitación (menos de 4 mm).

9.1.2 Dirección del viento

La Carta de Viento Dominante durante el año indica que la dirección dominante de los vientos del estado de Puebla son NE y SO, con una velocidad promedio de 1.6 m/s, siendo la más alta en enero con 2.4 m/s y la más baja, con 0.5 m/s, en diciembre.

9.1.3 Edafología

En la microcuenca Santa María Sotoltepec se identifican suelos pertenecientes a cuatro grupos: Regosol, Litosol, Luvisol y Feozem, previamente descritos en la sección 2.5. El suelo predominante en la zona de estudio pertenece al grupo Luvisol, del latín luvi, luo: lavar. Estos suelos se caracterizan porque tienen un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo y se destinan principalmente a la agricultura con un rendimiento moderado. Los aserraderos más importantes del país se encuentran en zonas de Luvisoles, sin embargo debe tenerse en cuenta que son suelos con alta susceptibilidad a la erosión.¹⁰⁷ En el estado de Puebla se localizan 7 provincias fisiográficas, de las cuales la microcuenca Santa María Sotoltepec se encuentra en la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico de la Sierra Madre Oriental y en la Subprovincia Fisiográfica Lagos y Volcanes del Anáhuac (57). Debido

¹⁰⁷INEGI, "Guía para la Interpretación de Cartografía Edafologica" (INEGI), 16, consultado el 22 de octubre, 2015, .

a la biodiversidad que alberga, el eje Neovolcánico es uno de los principales centros de endemismo y riqueza de especies.

9.2 Medio biótico

9.2.1 Vegetación

Siguiendo la clasificación de tipos de vegetación de Rzedowsky (1978), el municipio de Ixtacamaxtitlán, se encuentra ubicado en la Provincia Florística Sierra Madre Oriental, que confluye dentro del Reino Holártico y Neotropical, dentro de la Región Mesoamericana de Montaña. En esta provincia predominan los bosques templados, principalmente de encino, aunque también hay bosques de pino y otras comunidades vegetales. Entre los géneros de plantas más frecuentes se destacan *Carpinus*, *Cornus*, *Fagus*, *Greenmaniella*, *Hamamelis*, *Illicium*, *Loxothysanus*, *Mathiasella*, *Pinus*, *Platanus*, *Quercus* y *Shizandra*.¹⁰⁸

Otro estudio en la zona menciona la presencia de tipos de vegetación como el bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de pino-oyemel.¹⁰⁹

Aunque el municipio de Ixtacamaxtitlán ha sufrido un proceso fuerte de deforestación cuenta con grandes zonas boscosas dispersas por todo el territorio, principalmente en los lugares más inaccesibles: bosque de pino, oyamel y táscate. En las áreas deforestadas, que generalmente se encuentran en los alrededores de las vías de comunicación y de los ríos, se practica la agricultura de temporal de papa, maíz, liendrilla, navajilla y soyate. Por último, existen zonas con matorral desértico, rosetófilo asociadas a vegetación secundaria arbustiva.¹¹⁰

En la zona de estudio se registraron las siguientes especies arbóreas: la especie dominante fue *Pinus pseudostrobus* (pino ortiguillo), otras especies encontradas fueron *Pinus patula* (ocote, pino llorón, pino triste, pino colorado, pino chino, pino xalocote, pino macho, ocote liso, ocote colorado) y *Quercus oleoides* (encino).¹¹¹

- *Pinus pseudostrobus*: Nativo de México, Guatemala, El Salvador y Honduras. Se encuentra generalmente en bosques templados desde los 2,400-2,800 msnm de altitud, aunque en México se ha encontrado en laderas de montaña con elevaciones desde 1,600 a 3,200. Se localiza en las coordenadas geográficas de los 17° a 29° de latitud norte y los 92° a 108° de longitud oeste. Árbol perenne que alcanza 30-40 metros de altura, ocasionalmente hasta 45 m de altura y en diámetro normal de 40 a 80 cm, fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% en su altura total.¹¹²
- *Pinus patula*: Pertenece a las pináceas de México, crece a altitudes de entre 1,800 y 2,700 msnm en los 24° hasta los 17° N; en las coordenadas de 18° a 23° latitud N y 97° a 99° latitud O. Alcanza alturas de 30 a 35 m y de 50 a 90 cm de diámetro normal. Su copa es abierta y redondeada, tronco recto y libre de ramas a una altura de 20m, con raíz profunda y poco extendida.¹¹³ No soporta periodos largos de temperaturas inferiores a -10°C, es moderadamente tolerante a la sequía, el rango de lluvias a las que se encuentra está entre los 750-2,000 mm anuales.

108Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo IXTACA, p.65.

109Baldemar Arteaga, "Índice de sitio para *Pinuspatula* Schl et. Cham., en la región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla" (Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, 1985), 123.

110INAFED Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México, Estado de Puebla, "Ixtacamaxtitlán".

111Minera Gavilán, S.A. de C.V., "Informe preventivo IXTACA", p.65.

112SIRE-Paquetes tecnológicos, *Pinus pseudostrobus* Lindl. *varpseudostrobus* (México, CONAFOR, 2007), consultado 19 agosto, 2015, .

113SIRE-Paquetes tecnológicos, *Pinuspatula*Schl. et Cham (México, CONAFOR, 2007), consultado 19 agosto, 2015, .

- *Quercus oleoides*: Pertenece a la Familia Fagaceae. Árbol perennifolio de lento crecimiento, alcanza alturas de 15 a 30 m y hasta 150 cm de diámetro. De fuste recto, cilíndrico; copa densa, redondeada con ramas ascendentes y torcidas. Se distribuye naturalmente desde los 23° hasta los 10° N. Su distribución latitudinaria varía de 40 a 800 msnm, con precipitaciones anuales de 700 a 3200 mm y temperaturas promedio de 19 a 28° C.¹¹⁴

9.2.2 Composición florística

A partir de la información obtenida en el Informe Preventivo "Ixtaca" se realizó una tabla con 26 especies vegetales pertenecientes a 13 familias y 18 géneros (Tabla 8).

Tabla 8. Composición Florística registrada por Informe Preventivo "Ixtaca"

Familia	Nombre científico	Nombre común
Agavaceae	<i>Agave horrida</i>	Perote
Agavaceae	<i>Agave atrovierens</i>	Maguey
Asteraceae	<i>Eupatorium glabratum</i>	Chichitlaco
Asteraceae	<i>Senecio sp.</i>	
Asteraceae	<i>Sabazia humilis</i>	
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Buddlejaceae	<i>Buddleja perfoliata</i>	
Cactaceae	<i>Opuntia macrocentra</i>	Nopal
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium graveolens</i>	Epazote de zorrillo
Convolvulaceae	<i>Ipomea stans</i>	Tumba vaqueros
Cupresaceae	<i>Juniperus virginiana</i>	
Cupresaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Piñón
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quebracho
Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>	Encino
Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>	Encino
Lamiaceae	<i>Salvia elegans</i>	Mirto
Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	Pino lacio
Pinaceae	<i>Pinus Pseudostrobus</i>	Pino blanco
Pinaceae	<i>Pinus Teocote</i>	Pino blanco
Pinaceae	<i>Pinus cembriodes</i>	Pino chino
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	Pino colorado
Poeceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	
Rosaceae	<i>Crategus mexicana</i>	Tejocote

114Rodolfo Salazar Figueroa, *Quercus oleoides* Schlecht & Cham. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales CATIE No. 95 (Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CR., 1999), consultado 19 agosto, 2015, .

Rosaceae	<i>Prunus serótina</i>	Cerezo negro
Rubiaceae	<i>Bouvardia terenifolia</i>	Trompetilla

Fuente: Informe preventivo

Para esta zona no existen especies de flora bajo alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.¹¹⁵ Sin embargo es importante mencionar que esta área ha sufrido una fuerte deforestación por las necesidades asociadas al cultivo y ganadería, así como a la tala inmoderada, y que estos fenómenos contribuyen a la erosión, la pérdida de la biodiversidad y sumideros de CO², entre otros factores asociados al cambio climático. Por lo tanto, es necesaria la implementación de medidas de reforestación y conservación de áreas forestales.

Los ecosistemas se fragmentan cuando los bosques se deforestan, independientemente de las causas que originen la extinción de la cubierta forestal. La fragmentación de los ecosistemas tiene consecuencias importantes. Las poblaciones de plantas y animales pueden resultar afectadas tanto por los cambios en las condiciones ambientales de su hábitat –dado que cambian las condiciones de luz, humedad, temperatura y el flujo de nutrientes- o porque son incapaces de sobrevivir en superficies reducidas. Con el tiempo, las especies en que habitan esos “parches” de ecosistemas pueden extinguirse, lo que empobrece la biodiversidad de una zona. Otras especies, conocidas como invasoras, pueden conquistar los parches y adueñarse de ecosistemas que antes les eran ajenos, con efectos negativos sobre las especies nativas. Además pueden desaparecer o reducirse los servicios ambientales de los ecosistemas.¹¹⁶

9.2.3 Fauna

Debido a que no existen otros estudios específicos para la zona de Ixtacamaxitlán, se tomarán los datos de registro utilizados en el Informe Preventivo de Ixtaca para el análisis de los efectos que las actividades de explotación minera a cielo abierto tienen la fauna.

Se registraron en la zona 63 especies: 28 especies de mamíferos distribuidos en 16 familias, 24 especies de aves pertenecientes a 16 familias y 10 especies de reptiles distribuidos en 8 familias (Tablas 9, 10 y 11).

Tabla 9. Listado de mamíferos registrados y reportados para la zona de estudio de Informe preventivo “IXTACA”

Familia	Nombre científico	Nombre común
Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote
Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro gris
Cricetidae	<i>Peromyscus mekisturus</i>	Ratón
Cricetidae	<i>Peromyscus boylii</i>	Ratón cepillo
Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas

¹¹⁵ Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, (Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010), consultado 10 agosto, 2015, .

¹¹⁶ Semarnat, “Pérdida y alteración de los ecosistemas,” en *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo* (México: Semarnat, 2007), 15-42, consultado 13 agosto, 2015, .

Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	Murciélago
Heteromyidae	<i>Liomys pictus</i>	Ratón espinoso
Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago cola de ratón
Mormoopidae	<i>Pteronotus personatus</i>	Murciélago
Mormoopidae	<i>Pteronotus parnelli</i>	Murciélago de bigote
Muridae	<i>Microtus mexicanus</i>	Meteorito
Muridae	<i>Onychomys arenicola</i>	Ratón saltamontes
Phyllostomidae	<i>Artibeus intermedius</i>	Murciélago frugívoro
Phyllostomidae	<i>Artibeus literatus</i>	Murciélago frugívoro
Phyllostomidae	<i>Dermanura azteca</i>	Murciélago frutero azteca
Soriciidae	<i>Crypototis goldmani</i>	Musaraña orejillas
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle*(A)
Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Sciuridae	<i>Spermophilus perotensis</i>	Ardilla
Sciuridae	<i>Spermophilus mexicanus</i>	Ardilla
Muridae	<i>Peromyscus aztecus</i>	Ratón de campo
Muridae	<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	Ratón cosechero
Leoporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo

*Especies en riesgo¹¹⁷

Tabla 10. Listado de aves registradas y reportadas en la zona de estudio por el Informe Preventivo "IXTACA"

Familia	Nombre científico	Nombre común
Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	Milano coliblanco
Accipitridae	<i>Spizaetus ornatus</i>	Águila elegante*(No endémica P)

117 Norma oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo acollarado
Cardinalidae	<i>Spiza americana</i>	Arrocero norteño
Cathartidae	<i>Cathartes anura</i>	Zopilote
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tortolita
Columbidae	<i>Columba fasciata</i>	Paloma
Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>	Paloma alas blancas
Columbidae	<i>Zenaida macrorura</i>	Huilota
Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo común
Emberizidae	<i>Ammodramus savannarum</i>	Gorrión sabanero
Emberizidae	<i>Zonotrichia leucophrys</i>	Gorrión corona blanca
Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle
Fringillidae	<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero aliblanco
Icteridae	<i>Icterus pectoralis</i>	Bolsero pechimacho
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasiliensis</i>	Cormorán negro
Thraupidae	<i>Chlorophonia accipitalis</i>	Clorofonia auriazul
Trochilidae	<i>Amazilia cyanocephala</i>	Colibrí corona azul
Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	Pipi de la laguna*(endémica Pr)
Tyrannidae	<i>Empidonax alnorum</i>	Papamoscas alder
Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo verdeamarillo
Vireonidae	<i>Vireolanius melitophrys</i>	Vireo pecho castaño

*Especies en riesgo¹¹⁸

Tabla 11. Especies de anfibios y reptiles reportadas en la zona de estudio por Informe Preventivo "Ixtaca"

Familia	Nombre científico	Nombre común
Bufoidae	<i>Bufo cristatus</i>	Sapo de cresta grande*(Endémica Pr)
Colubridae	<i>Dryadophis melanolomus</i>	Culebra ratonera
Colubridae	<i>Leptoderia splendida</i>	Culebra

118Ibidem

Elapidae	<i>Micrurus diastema</i>	Coralillo*(Endémica Pr)
Hylidae	<i>Agalychnis moreletii</i>	Rana de Morelet
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus macrimatus</i>	Roño
Polychridae	<i>Anolis laevis</i>	
Polychridae	<i>Anolis naufragus</i>	Anolis de Hidalgo*(Endémica Pr)
Teeidae	<i>Ameiva undulata sinistra</i>	Lagartija rayada
Viperidae	<i>Carotatus triseriatus</i>	Víbora fina

*Especies en riesgo¹¹⁹

Tabla 12. Categorías de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010

Categoría de riesgo	Puntaje obtenido
En Peligro de Extinción (P)	a) Mayor o igual que 2 b) Vías directas: I. Cuando en las características de distribución geográfica, el área de distribución sea menor o igual a 1 km ² . II. Cuando demográficamente, el número total de individuos sea igual o menor que 500. III. Cuando el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón (familia, género, especie, etc.), el hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes. IV. Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor; y que además la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.4
Amenazada (A)	a) Mayor que 1.7 y menor que 2 b) Vía directa: Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor, y que la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.3 y menor que 0.4
Sujetas a Protección especial (Pr)	a) Mayor o igual que 1.5 y menor que 1.7 b) Mayor o igual que 1 y menor que 1.5 y que la sumatoria del criterio D sea igual o mayor que 0.3

9.2.4 Resultados

- Las categorías de riesgo tienen las siguientes definiciones según la NOM-059-SEMARNAT-2010: probablemente extinta en el medio silvestre (E): aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del territorio mexicano.
- En peligro de extinción (P): aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
- Amenazadas (A): aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al

119Ibidem

ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

- Sujetas a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

En los siguientes apartados se detallarán las especies registradas en el área.

9.2.4.1 Mamíferos

De las 29 especies enlistadas, la especie *Bassariscus astatus* se encuentra bajo categoría de protección como una especie amenazada (A) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Ninguna de las especies registradas se encuentra en la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

9.2.4.2 Aves

De las 25 especies enlistadas, dos están bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Contopus sordidulus*, que se reporta como una especie con protección especial (Pr) y *Spizaetus ornatus*, que se encuentra en peligro de Extinción (P). Ninguna se encuentra catalogada en los apéndices de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

9.2.4.3 Reptiles y Anfibios

Se reportaron 8 especies de reptiles. La especie *Micrurus diastema* se encuentra bajo protección especial (Pr) y registrada en el Apéndice de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) número III, protegida por el país de Honduras, el cual ha solicitado la asistencia de otras partes en la CITES para controlar su comercio. Las especie *Anolis naufragus* también está bajo protección especial (Pr).

De las 2 especies de anfibios reportadas, *Bufo cristatus* se encuentra bajo protección especial (Pr).

9.2.4.4 Insectos

Aunque no existe un registro particular de los insectos en el municipio de Ixtacamaxtitlán ni para la cuenca de Santa María Sotoltepec, es necesario señalar que los insectos tienen un valor ecológico principal. Algunos de ellos pueden ser utilizados como indicadores del estado de conservación de un ecosistema.¹²⁰

Las hormigas constituyen uno de los grupos de organismos más abundantes, diversos y dominantes en la tierra; en algunos hábitats representan del 10-15 % del total de la biomasa animal.¹²¹

120CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p.174.

121CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p-174.

La hormiga *Liometopum apicolatum*, es una especie que además de su relevancia ecológica, tiene importancia económica para la región de Ixtacamaxtitlán, ya que sus larvas, conocidas como escamoles, son un codiciado platillo en la comida mexicana. La producción de escamoles es única en esta región, su importancia económica radica en su contenido proteico de entre 40 y 60%, además de grasas, vitaminas y minerales, lo que indica un porcentaje mucho más elevado de nutrientes que la carne de res y la de pollo.¹²²

Los organismos sensibles e indicadores que proporcionan información sobre el estado de alteración, conservación o éxito de la restauración de un ambiente son fundamentales. Además de su relevancia económica para la zona, el escamol también es considerado organismo indicador. Las hormigas son un grupo ecológicamente importante, por su abundancia y diversidad, y porque desempeñan diferentes papeles ecológicos en los ecosistemas terrestres: son depredadores, parásitos, herbívoras, detritívoras, granívoras. La diversidad de las hormigas no sólo radica en el número de especies, sino también en sus interacciones, ya que participan en una interacción multitrófica en la que se pueden involucrar hasta 19 especies de organismos de tres reinos diferentes.¹²³ Esto las coloca en niveles tróficos altos, pues con su actividad pueden modificar la distribución, abundancia y dinámica de la comunidad vegetal,¹²⁴ repercutir sobre propiedades ecosistémicas, como los flujos de materia y energía y los procesos biogeoquímicos.¹²⁵

En 2014, Jiménez Merino informó a través de un comunicado de la SAGARPA sobre la necesidad de tomar medidas para proteger a la *Liometopum apicolatum* e impulsar la producción de escamoles. En el municipio de Ixtacamaxtitlán, estas medidas se tomaron debido a que la deforestación y los incendios en la zona han disminuido la producción de la especie.

10. Criterios para la valoración de los Impactos Ambientales

Existen diferentes métodos para generar matrices de impactos ambientales a diferentes niveles. Básicamente, estos consisten en la identificación de las interacciones potenciales entre cada actividad y cada característica ambiental de manera cualitativa; de esta manera se pueden generar preguntas sobre cada elemento de la matriz, por ejemplo, ¿afecta la industria minera la calidad del aire? La más conocida es la Matriz de Leopold, que se creó como guía de los informes y evaluaciones de impacto ambiental.¹²⁶ En cada caso la matriz requiere ajustes dependiendo del proyecto del que se trate y se deben plantear bien los efectos de cada acción.

Además de la Matriz de Leopold existen otros métodos. El de Batelle-Columbus permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales mediante el uso de indicadores homogéneos, que puedan ser fácilmente medibles, en este caso se combinan las valoraciones cualitativas (método causa efecto) derivadas de la Matriz de Leopold y las valoraciones cuantitativas en la identificación de impactos basadas en el método Batelle-Columbus.¹²⁷ A partir de la revisión de trabajos realizados sobre evaluación de impactos de explotación minera y después de la identificación de los impactos

122"Va SAGARPA por rescate e impulso de la producción de escamoles en Puebla," SAGARPA, consultada 6 agosto, 2015, .

123CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p. 178.

124Rafael Guzmán-Mendoza, José Alejandro Zavala-Hurtado, Gabriela Castaño-Meneses, Jorge Leonel León-Cortés, "Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México," *Madera y Bosques*20, no. 1 (2014): 71, consultado 12 agosto, 2015, .

125CONABIO, *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*, p.177.

126Santiago Cotán-Pinto Arroyo, "Valoración de impactos ambientales" INERCO (Sevilla diciembre, 2007) :3, consultado el 17 de octubre, 2015, .

127María Gabriela Dellavedova, "Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental", Universidad de la Plata, facultad de arquitectura y urbanismo, (La Plata, 2011), p. 14, consultado el 17 de octubre, 2015, .

generados por esta industria antes mencionados, se realizó la siguiente adaptación de matriz de valoración de los posibles efectos ambientales sobre el área de proyecto de explotación minera en Ixtacamaxtitlán.^{128, 129}

Para ello, se consideraron los componentes del ecosistema a proteger así como los indicadores. Después se determinaron los impactos, se procedió a su predicción, pronóstico o estimación de la magnitud, naturaleza, intensidad, reversibilidad, persistencia, momento, extensión e importancia utilizando los conocimientos y datos obtenidos.

Para el análisis se emplearon siete criterios de valoración o medida; las escalas para su ponderación se definen en función de la significancia que ellos merezcan. A continuación se presentan los criterios de valoración utilizados para el estudio:

1. Naturaleza (N): este impacto se valora en términos cualitativos y se califica en función del bienestar o perjuicio a la comunidad y al medio ambiente, y se clasifica a continuación:
Beneficioso: (+), Perjudicial: (-)
2. Intensidad (I): es la profundidad de los cambios que se producen en los factores ambientales y se considera:
Baja = 1, Media = 2, Alta = 3, Muy alta = 4
3. Extensión (E): Es el área de influencia que cubre el efecto del impacto y se le califica como:
Puntual = 1, Parcial = 2, Total = 3, Crítico = 4
4. Momento (M): Es el tiempo en el que el impacto se manifiesta y puede ser:
A largo plazo (uno a cinco años) = 1, Mediano plazo = 2, Inmediato = 3, Crítico (inicio de operaciones) = 4
5. Persistencia (P): Es la duración en función del tiempo del impacto, este puede ser:
Fugaz = 1, Temporal = 2, Pertinaz = 3, Permanente = 4
6. Reversibilidad (Rv): Es el plazo de tiempo o posibilidad en el que se recuperan los efectos de los impactos:
A corto plazo = 1, a mediano plazo = 2, a largo plazo = 3, irreversible o irrecuperable = 4
7. Importancia (Ip): Es la valoración integral cualitativa sobre la base de los resultados cuantitativos de la ponderación de los impactos ambientales, y se expresa de la siguiente manera:
Fuertes (F): mayores a 30, Moderados (M): de 25 a 29, Leves (L): menor a 24

10.1 Ponderación

Por la ponderación de los impactos se consideró que los factores de extensión e intensidad son los principales. Ya que el primero representa el área de influencia del impacto y el segundo muestra la profundidad de los cambios que se producen en los factores ambientales, se propone su multiplicación. Para su mayor significancia, se ha preferido sumar al producto anterior P para los criterios de momento, resistencia y reversibilidad. Así el valor final de los impactos se obtiene por la siguiente expresión:

¹²⁸Montes de Oca, "Estudio del impacto ambiental y medidas de rehabilitación", p. 5-9.

¹²⁹Luis Fernando Reinoso, *Criterios para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental* (Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014), consultado 14 Agosto, 2015, .

$$P = [(2 * E + 3 * I) + M + P + R]$$

Donde:

E= extensión

I= intensidad

M= momento

P= persistencia

R= reversibilidad

Resumiendo los resultados que se encontraron en la elaboración de la matriz, se distinguen las operaciones realizadas en el proceso minero (explotación) y los impactos ambientales que estas operaciones causarán sobre los medios físico (atmósfera, hidrografía, geología y geomorfología) y biótico (flora, fauna y equilibrio biológico). Para cada uno se puntualizan los impactos ambientales y se mide su naturaleza, es decir, si los cambios que se registrarán para el ambiente serán positivos (+) o negativos (-). En el caso de estudio todos los cambios serán negativos.

La extensión variará entre valores que van desde 2 (parcial), 3 (total), hasta 4 (crítico). La intensidad muestra valores 3 (alta) y 4 (muy alta). El momento tendrá valores 2 (mediano plazo), 3 (inmediato) y 4 (crítico). La persistencia será 2 (temporal), 3 (pertinaz) y 4 (permanente). La reversibilidad mostró valores entre 3 (a largo plazo) y 4 (irreversibles). Finalmente, a partir de los valores determinados se obtiene la ponderación que da la importancia del impacto. En la matriz observamos que serán leves (L), moderados (M) y dominarán los fuertes (F).

Matriz de calificación causa-efecto																		
Operaciones		Operaciones del sistema de explotación							Impactos ambientales	Valoración								
		Perforación		Voladura		Carga		Transporte		Preparación mecánica	Valores							
		Perforación	Voladura	Voladura	Perforación	Carga	Transporte				Preparación mecánica	Medio físico	Medio biótico	Importancia				
Medio físico	Atmósfera	Calidad del aire	x	x	x	x	x	x	x	Alteración de la calidad del aire por emisiones de gases y polvo	-	4	4	4	3	3	30	F
		Emisiones continuas variables de ruido	-	3	4	4	2	3	3	27	M							
	Hidrografía	Aguas superficiales					x			Alteración de la calidad del agua por deposición de sólidos	-	4	3	3	2	3	25	L
		Aguas subterráneas	x	x	x	x	x	x	x	Contaminación de los acuíferos locales por aguas residuales	-	4	4	2	3	3	28	M
	Geología y geomorfología	Geología local	x	x	x	x	x	x	x	Aumento de los procesos erosivos	-	4	4	4	4	4	32	F
		Topografía	x	x	x	x	x	x	x	Cambios en la composición topográfica	-	4	4	4	4	4	32	F
	Paisaje	x	x	x	x	x	x	x	Alteración de la calidad visual	-	4	4	4	4	4	32	F	
Medio biótico	Flora	x	x	x	x	x	x	x	Remoción de la vegetación y deforestación	-	4	4	4	4	4	32	F	
	Fauna	x	x	x	x	x	x	x	Alteración del hábitat natural y desplazamiento de la fauna	-	4	4	4	4	4	32	F	
	Equilibrio ecológico		x	x	x	x	x	x	x	Alteración del flujo de energía y materia de formación	-	4	4	3	3	3	29	M
										Pérdida de la biodiversidad	-	2	3	3	3	4	23	L

11. Ritmo de producción y ponderaciones aproximadas para el proyecto de explotación minera en Ixtacamaxtitlán

Tan importante o más que el método minero, son la determinación del ritmo de producción anual y la ley de corte. La ley de corte afecta directamente al volumen total de reservas explotables, en las minas a cielo abierto el ratio estéril/mineral (g/t). La capacidad de producción, si es pequeña, no permite las economías de escala y da lugar a que los ingresos se obtengan lentamente; si el ritmo de explotación es intenso conlleva una inversión inicial muy alta, que puede no llegar a recuperarse durante la vida de la mina.¹³⁰ La determinación de la producción anual, así como la ley de corte, son herramientas que se pueden utilizar para determinar las posibles afectaciones y el ritmo al que se irán dando en el ambiente. En el caso de Ixtacamaxtitlán la ley de corte se determinó en el Reporte Técnico y se menciona en el punto 3.3 tabla 1 de este trabajo.

11.1 Polvo por tránsito vehicular

La actividad que libera más cantidad de partículas a la atmósfera es el transporte. En concreto, los equipos pesados (camiones) que trasladan el mineral hacia el punto de recepción a través de caminos no pavimentados.

El desprendimiento general de polvo en una mina, sin utilizar medidas para aplacarlo es, en promedio, aproximadamente de 5 a 16 t de polvo por día. El polvo está compuesto en un 80–96,6% por partículas de dimensiones menores de 5 μm ; el 41,7–65 % de sus partículas son menores de 2 μm .^{131,132}

130Herrera, *Métodos de Minería*.

131Allan Pierra, Iván Casals y Libán Montes de Oca, "Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto", *Ecosolar: Revista Científica de las Energías Renovables*, no. 17 (Julio-Septiembre2006), consultado 20 agosto, 2015, .

132El micrómetro o micra es una de longitud equivalente a una millonésima parte de un metro. Su símbolo científico es μm .

El principal contaminante emitido por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados es el material particulado. En función de su granulometría, humedad y ocurrencia de vientos, las partículas que se colocan en suspensión en el aire después de cada pasaje del vehículo son transportadas a distancias variables. La siguiente expresión aplica a la emisión de material particulado en caminos no pavimentados.¹³³

$$E = K \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{s}{12}\right) \cdot \left(\frac{S}{48}\right) \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{w}{4}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{365-p}{365}\right) \quad (\text{kg/km recorrido})$$

Donde:

K: multiplicador de tamaño de partícula (no dimensional).

s: Tenor de limo (0 < 75 µm) del material de la superficie de la pista (%).

S: Velocidad media del vehículo (km/h).

W: Peso medio del vehículo (t).

w: número medio de neumáticos.

P: número de días al año con precipitación pluviométrica por encima de un milímetro.

El multiplicador de tamaño aerodinámico K está dado en la tabla 12.

Tabla 13. Factores para el cálculo de tamaño aerodinámico según el tamaño de las partículas

0 < 2,5 µm	2,5 < 0 < 5 µm	5 < 0 < 10 µm	10 < 0 < 15 µm	15 < 0 < 30 µm
0,095	0,20	0,36	0,50	0,80

El tenor del limo puede medirse utilizando el análisis granulométrico de material de pista. Como no teníamos dicho dato, se tomaron los registrados de los valores típicos en diferentes tipos de yacimientos y se sacó un valor medio entre canteras y sitios de extracción de arenas (Tabla 13). El resultado obtenido fue un porcentaje de 9,8%, que fue el utilizado para los cálculos correspondientes.¹³⁴

Tabla 14. Valores típicos del tenor de limo en caminos mineros correspondientes a diferentes tipos de yacimientos¹³⁵

Tipos de actividades	Tenor de limo (%)
Canteras	14,1
Extracción de arenas	4,8
Minas de carbón	

¹³³Allan Pierra, Iván Casals y Libán Montes de Oca, "Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto".

¹³⁴El tenor del limo se refiere al porcentaje de limo encontrado en las pistas de circulación, obtenido mediante análisis de granulometría, esta sirve para establecer de forma cuantitativa el tamaño de los granos que componen una muestra de suelo que indican la porosidad, permeabilidad y comportamiento mecánico, entre otras características.

¹³⁵Pierra, Casals y Montes de Oca, "Modelación de emisiones de partículas".

a) Vías de transporte	8,4
b) Áreas de explotación	17,0
Pista revestida con macadán	9,6

Nota: Para el proyecto de Tuligtic se tienen contemplados el uso de 16-17 camiones con una capacidad de 177 toneladas.¹³⁶ Los vehículos tienen en promedio 6 llantas y el cálculo se hará para un desplazamiento de 5 km con el camión cargado dentro de la mina. Esta distancia es aproximada haciendo un cálculo del desplazamiento dentro de la mina desde la zona de carga hacia las escombreras.

Utilizando la fórmula anterior se obtuvieron los resultados de generación de polvo por recorrido. En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos para los diferentes ritmos de producción propuestos, dándole una distancia de operaciones de trayecto aproximada de 5 km dentro de la mina a partir del diseño proyectado para este caso, que nos darán la posibilidad de hacer los cálculos de emisión de polvo (Tabla 15).

Tabla 15. Producción de polvo diario por tránsito vehicular para el proyecto de explotación minera en Ixtacamaxtitlán

Ritmo de Producción	kg/d de polvo						
	Tamaño de partículas	0 < 2,5 µm	2,5 < 0 < 5 µm	5 < 0 < 10 µm	10 < 0 < 15 µm	15 < 0 < 30 µm	Total
	No. de viajes						
7,000	39.50	125.69	264.58	479.74	666.41	1,066.66	2,603.08
9,000	50.84	161.60	340.19	616.81	856.82	1,371.42	3,346.84
30,000	169.49	538.63	1,133.88	2,055.91	2,855.90	4,571.14	11,155.46

Se debe tomar en consideración que la cantidad de polvo aumenta debido a los procesos de perforación, voladura, excavación, carga y descarga, y a partir de la acumulación de estériles (escombreras).

Aunque la erosión eólica se limita a suelos secos, el caso de erosión y levantamiento de polvo por tránsito tiene otros mecanismos. La suspensión de partículas se da en aquellas de menos de 0,1 mm de diámetro. "La ley de Stokes relaciona la velocidad de caída de un cuerpo en un fluido con el cuadrado el diámetro de la partícula, y la velocidad de caída de tales partículas pequeñas es tan baja que una vez levantadas pueden permanecer suspendidas durante largos períodos a causa de la turbulencia y de los remolinos de aire".¹³⁷

Los factores a tomar en consideración para procesos mineros en la determinación del desplazamiento del polvo son: estación del año y hora del día, velocidad y dirección del viento, turbulencia del aire, humedad y temperatura del suelo, relación que se establece entre la dirección del viento y los efectos de la lluvia caída en los días inmediatamente precedentes, rugosidad del terreno, existencia de taludes de excavación y terraplenes naturales o artificiales, vegetación y otros

¹³⁶Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project, p.158.

¹³⁷Norman Hudson, *Conservación del suelo* (España, 1982), p.267.

obstáculos en general.¹³⁸ Las relaciones matemáticas entre estos factores (cuando se tienen) se complican por las interacciones, por lo que se requieren interacciones gráficas y tabulares".¹³⁹

Es evidente que no se trata de un fenómeno constante ni regular. Por el contrario, está sometido a momentos de máxima concentración distribuidos en intervalos irregulares, en los cuales las molestias pueden llegar a ser muy importantes.¹⁴⁰

El camino que siguen los contaminantes en la atmósfera es complejo ya que en su difusión intervienen las características propias de los contaminantes y las condiciones meteorológicas. Por esta razón, en la evaluación de los contaminantes se habla del concepto de inmisión, por el cual se entiende la concentración y permanencia de las sustancias que causan polución en la atmósfera de forma continua o temporal.

Deben tomarse en cuenta la cantidad de polvo, velocidad y turbulencia de vientos, precipitación de partículas, estabilidad atmosférica. La turbulencia aumenta cuando la velocidad del viento es superior a los 3 o 5 km/hr.

Para tener una idea más clara de la distancia a la que se desplazarían los polvos generados por el tránsito vehicular dentro de la mina, nos basaremos en trabajos en los que se realizaron estimaciones sobre la dispersión de polvo, distancias, saturación de contaminantes en la atmósfera. Así podremos hacer un estimado del posible escenario con respecto a los polvos generados.

Uno de los factores que tienen relevancia en el cálculo son las categorías de estabilidad atmosférica, que son empleadas en la modelación de la dispersión para facilitar la estimación de los parámetros de dispersión lateral y vertical. Empleados en los modelos Gaussianos, los factores dependen de la velocidad del viento, gradiente vertical de temperatura, rugosidad de la superficie.

Se tomó la gráfica de un estudio en el que se observó el comportamiento de las partículas en una mina a cielo abierto de lateritas, con una velocidad media cercana a la registrada en Ixtacamaxtitlán (1.6m/s en promedio, 2.4 m/s la máxima y 0.5 m/s la más baja registrada en el mes de diciembre).¹⁴¹ Debe señalarse que el cálculo es aproximado, pues la generación de polvos varía en cantidad dependiendo del ritmo de producción, la cantidad de tránsito vehicular y del tipo de mina, entre otros factores.

En la primera gráfica se muestra la concentración de polvo en suspensión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en función de la distancia del emisor, en la dirección de la componente del viento perpendicular al camino y teniendo en cuenta las diferentes clases de estabilidad de la atmósfera (Figura 15).¹⁴²

La estabilidad de la atmósfera se interpreta de la siguiente manera:

- para el día –A (altamente inestable), B (inestable), C (ligeramente inestable),
- para día/noche –D (neutra), E (ligeramente estable), y
- para la noche –F (estable).

138Instituto Tecnológico Geo Minero de España, Estudios y Proyectos Mineros S.A., *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, (Madrid: ITGE, 1989), p.75, consultado 5 agosto, 2015, .

139ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.73.

140ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.73.

141Leonor Turtós, Alfredo Roque, Rolando Soltura y Madeleine Sánchez, "Metodología de estimación de variables meteorológicas secundarias para modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos," *Ecosolar: Revista Científica de las Energías Renovables*, no. 5 (Julio-Septiembre2003), consultado 19 agosto, 2015.

142Pierra, Casals y Montes de Oca, "Modelación de emisiones de partículas."

La nubosidad se mide en octavos, por lo que 0/8 se refiere a los cielos despejados, 4/8 significa que la mitad del cielo está cubierto, 8/8 representa al cielo totalmente cubierto.¹⁴³

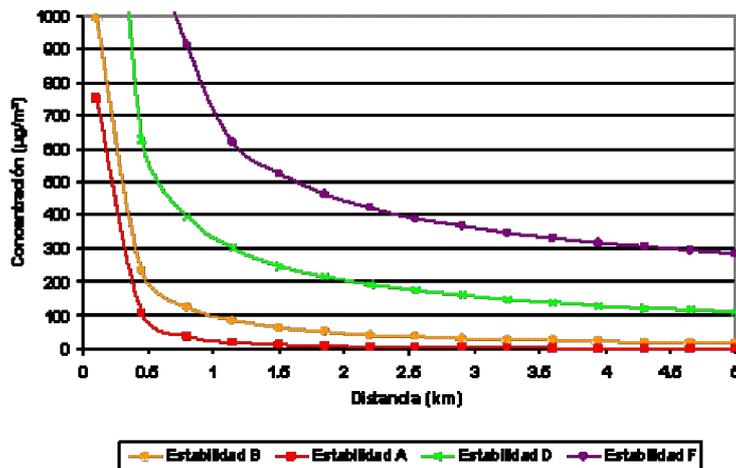
La relación entre las clases de estabilidad y las condiciones meteorológicas se muestra en la siguiente tabla:^{144,145}

Tabla 16. Relaciones entre clases de estabilidad y condiciones meteorológicas.

Velocidad del viento m/s	Día e insolación fuerte	Día e insolación moderada	Día e insolación débil	Noche y nubosidad >4/8	Noche y nubosidad <3/8
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

La gráfica muestra la situación más crítica correspondiente a la velocidad del viento de 1 m/s. La concentración media ambiental (CMA) de 100 µg/m³ es sobrepasada por las clases de estabilidad F y D aún en distancias mayores a 5 km. Para las clases de estabilidad B y C se sobrepasa el valor de CMA hasta distancias inferiores a 1 km (Figura 15).¹⁴⁶

Figura 15. Concentración de polvo en suspensión (velocidad del viento 1 m/s)



143Jaime A. Moragues, "Clasificación de estabilidad, capas de mezcla" (*sitio web*), 17 de marzo 2014, Consultado el 22 de octubre, 2015, .

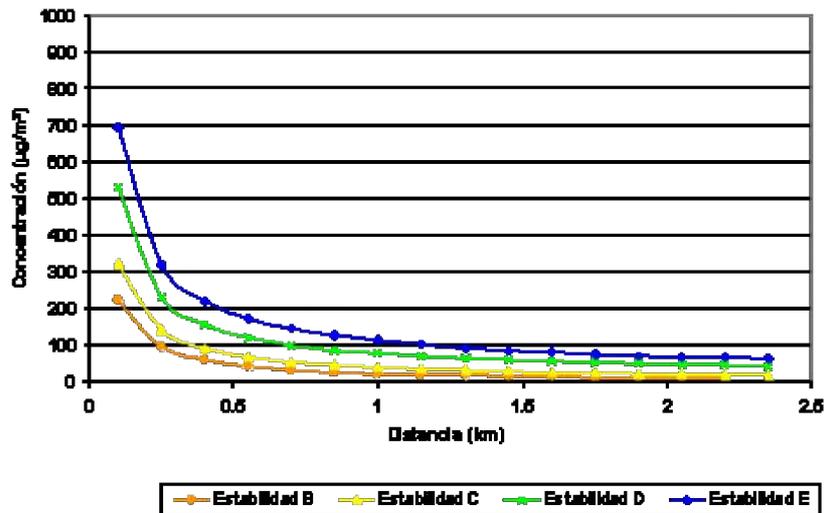
144Carmen Arzate, "Realización de software educativo para simular la dispersión de contaminantes atmosféricos" (Tesis de Licenciatura, Universidad de las Américas Puebla, 2004), 1-2, consultado 20 agosto, 2015, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/arzate_e_ci/.

145Canarina Software Ambiental "El aire III: Estabilidad de la atmósfera" (European Union, España), consultado el 23 de octubre, 2015, .

146La concentración media ambiental (CMA) es la cantidad de partículas suspendidas en microgramos (µg) en la atmósfera por m³.

En las gráficas se muestran diferentes escenarios que dan lugar a una concentración variable de contaminantes a cierta distancia, que bajo ciertas condiciones pueden transportarse altas concentraciones de contaminantes a más de 5 km fuera de la mina, y que el que las concentraciones de polvo desciendan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), no implica que a esas distancias desaparezcan, manteniendo concentraciones que pueden ser mayores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cuando la velocidad del viento aumenta y las turbulencias se incrementan, entonces la concentración de contaminantes desciende significativamente por debajo de la CMA a los 1,200 m (Figura 16).

Figura 16. Concentración de polvo en suspensión (velocidad del viento de 4,5 m/s)



Con respecto a la concentración de partículas en el aire, la OMS indicó como límite máximo una concentración media anual para partículas de $2.5 \mu\text{m}$ de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o una media al día de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; para partículas de $10 \mu\text{m}$, una concentración máxima de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media al día. Las partículas de estos tamaños pueden penetrar en los pulmones, por lo que la exposición crónica agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer de pulmón.¹⁴⁷

Además de lo señalado por la OMS, en la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014 se menciona que la toxicidad de las partículas está determinada por sus características físicas y químicas. El diámetro es un parámetro importante pues de él depende la capacidad de penetración y retención en las vías respiratorias, determina el tiempo de residencia en la atmósfera y la concentración a la que puede estar expuesta la población. En la norma mexicana, las concentraciones máximas de partículas menores a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) se establece en $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diaria y en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual; para partículas inferiores a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) el promedio máximo diario es de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el anual de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las dos gráficas anteriores, que plantean escenarios distintos dependiendo de la estabilidad atmosférica y la velocidad del viento, muestran que en ambos casos las concentraciones de contaminantes atmosféricos pueden resultar riesgosas para la salud, ya que sobrepasan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un radio de 5 km con velocidades de viento de 1 m/s y en un radio 2 km con velocidades de viento

¹⁴⁷Organización Mundial de la Salud, "Calidad del aire (exterior) y la salud" (Nota descriptiva N° 313, Marzo 2014), consultado el 22 de octubre, 2015, .

de 4,5 m/s, principalmente durante el día en el que se estima se realicen las actividades y tránsito dentro de la mina.

Tabla 17. Concentración de partículas suspendidas para el proyecto Ixtacamaxtitlán en diferentes escenarios

Tamaño de partículas		PM _{2,5}		PM ₁₀	
Promedio temporal		24 h	anual	24 h	anual
CMA		(µg/m ³)			
Concentraciones medias máximas	OMS	25	10	50	20
	NOM	65	15	120	50
PROYECTO IXTACAMAXTITLÁN					
Escenario	1	2	3	4	5
Distancia (km)	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0
CMA		(µg/m ³)			
Gráfica 1 (Figura 15)					
Velocidad del viento (1 m/s)	75 – 600	45 – 350	20 – 250	10 – 200	5 – 100
Gráfica 2 (Figura 16)					
Velocidad del viento (4,5 m/s)	50 – 200	40 – 100	20 – 80	<10 – 80	Sin registro

11.2 Explosivos

Los principales gases de efecto invernadero derivados del uso de explosivos por parte de la industria minera son el dióxido de carbono (CO₂) y el óxido nitroso (NO₂). La metodología de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático estima las emisiones por el uso de explosivos por parte del sector minero en una relación 1:1, es decir que una tonelada de explosivos genera una tonelada de gases de efecto invernadero.

Para el presente trabajo también es importante tomar en cuenta las actividades con explosivos para obtener las rocas fragmentadas, ya que también impactan el ambiente y la salud, debido a la contaminación auditiva, a la intensidad de vibraciones que se generan y a la contaminación del aire por generación de polvos (partículas suspendidas). En el Reporte Técnico se reconoce que no ha sido realizado un estudio sobre los procesos de dinamitación; los análisis se basan en operaciones similares, tomando en cuenta el factor de pulverización que será utilizado para obtener una fragmentación adecuada para el manejo con máquinas excavadoras. Los factores de pulverización seleccionados dependerán de los tipos de rocas. En roca de barreno típica, el factor de pulverización está dentro del rango de 0.36-0.37 kg/t; en materiales volcánicos, se espera que sea aproximadamente un tercio menor (entre 0.23-0.25 kg/t).

Aún no están determinados los permisos, proveedores, transporte, almacenamiento, colocación de explosivos en el área de mina y en general todas las especificaciones para este rubro, pero se realizarán dependiendo de las normas mexicanas. Las actividades de dinamitación se

realizarán durante los cinco días laborables de la semana, pues siempre debe estar presente el jefe a cargo de dichas actividades.

De acuerdo a los datos mencionados anteriormente se realizaron los cálculos correspondientes para tener una aproximación sobre la cantidad de explosivos requeridos en las diferentes fases de producción (Tabla 18).

Tabla 18. Cálculo bruto de la cantidad de explosivos requeridos para las distintas fases en escalamiento del proyecto minero en el municipio de Ixtacamaxtitlán

Fases	Producción (ktpd)	Roca volcánica (0.23-0.25 kg/t)	Roca común (0.35-0.37 kg/t)
Primera	7,000	1610-1750 kg/d	2,450-2,590 kg/d
Segunda	9,000	2070-2250 kg/d	3,150-3,330 kg/d
Tercera	30,000	6900-7500 kg/d	10,500-11,100 kg/d

11.3 Ruido por voladuras

La detonación de una carga de explosivos dentro de un barreno genera una alta presión debida a la expansión de gases. Una vez que se produce la fracturación de la roca, los gases escapan hacia la atmósfera produciendo una onda aérea. La onda aérea tiene dos componentes: el ruido, con espectro entre 20,000 y 20 Hz, por lo que es perceptible por el oído humano, y la vibración restante, que es el espectro por debajo de los 20 Hz y que no es percibido por el oído humano. Aunque la onda aérea normalmente disminuye con la distancia, puede producir vibraciones hasta a 5 km de la voladura, aunque éstas provoquen un ruido mínimo.

Los niveles sonoros generados por la voladura que son audibles por los seres humanos, se describen utilizando niveles máximos (Lmax) en decibeles con ponderación "A" (dBA). Es difícil estimar el nivel sonoro que producirá una voladura, debido a que la energía del sonido dependerá de condiciones geológicas del sitio específico de la voladura –por ejemplo, las fracturas existentes-, así como del perfil topográfico del tajo y de las otras instalaciones mineras, tales como los botaderos de desmonte y la plataforma de lixiviación al momento de la voladura.¹⁴⁸

Tabla 19. Percepción de ruido por voladuras a diferentes distancias

Distancia de la voladura (m)	Lmax (dBA)
100	110.0
200	103.8
500	95.3
1000	88.3
2000	80.4
5000	66.7
10000	51.2

Fuente: Tomada de EIA Proyecto alto Chicama¹⁴⁹

¹⁴⁸ITGE, *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*, p.130.

¹⁴⁹Minera Barrick Misquichilca S.A., "EIA Proyecto alto Chicama, respuestas a observaciones", (Febrero 2004): 2, consultado 24 de julio, 2015, .

En la NOM-081-SEMARNAT-1994 se establecen los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

Esta normatividad considera que la emisión de ruido proveniente de las fuentes fijas altera el bienestar del ser humano, que el daño producido con motivo de la exposición depende de la magnitud y del número por unidad de tiempo de los desplazamientos temporales del umbral de audición, y que por lo tanto, resulta necesario establecer los límites máximos permisibles de emisión de este contaminante. La NOM-081-SEMARNAT-1994 se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública. En el acuerdo de modificación del numeral 5.4 (DOF:03/12/2013),¹⁵⁰ se establecen los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición:

Tabla 20. Horarios y límites máximos permisibles

Zona	Horario	Límite máximo permisible dB (A)
Residencial 1 (exteriores)	6:00 a 22:00	55
	22:00 a 6:00	50
Industriales y comerciales	6:00 a 22:00	68
	22:00 a 6:00	65
Escuelas (áreas exteriores de juego)	Durante el juego	55
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	4 horas	100

Fuente: Elaboración propia a partir de NOM-081-SEMARNAT-1994

De todo lo anterior se deduce que los límites máximos de ruido para el caso de zonas industriales y comerciales serán superadas hasta en un radio de 2 km a partir del área de explotación minera con valores por arriba de 80.4 dBA. De hecho, incluso a 5 km se estaría casi en el límite máximo con 66.7 dBA

La afectación por ruido será riesgosa para distancias de entre 100 metros y 2 km con dBA entre 110 y 80.4.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) establece que durante 4 horas diarias serían admisibles 78 dBA, durante 2 horas 81 dBA, durante 1 hora 84 dBA. La exposición a niveles superiores a los 100 dBA no es recomendable ni siquiera durante lapsos muy cortos, dado que algunos individuos muy susceptibles podrían experimentar daño auditivo irreversible.¹⁵¹

Las poblaciones aledañas con registros por arriba de los permitidos según la NOM-081-SEMARNAT-1994, serán más susceptibles a tener molestias relacionadas con el ruido por lo cual deberá tomarse en cuenta la frecuencia de las emisiones y el tiempo de duración. Algunos problemas

¹⁵⁰Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición (México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales., 2013), consultado 22 agosto, 2015, http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5324105&fecha=03/12/2013.

¹⁵¹United States Environmental Protection Agency, "EPA identifies noise levels affecting health and welfare" (EPA press release – April 2, 1974), consultado el 22 de octubre, 2015, .

relacionados con la contaminación por ruido son: enfermedades de estrés, alta presión sanguínea, pérdida de la audición, interrupción del sueño, pérdida de productividad.¹⁵²

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, este es también un factor que afecta a la fauna, alterando su comportamiento y pudiendo provocar migraciones.

11.4 Tratamiento de desechos

En el Reporte Técnico se menciona que en una evaluación preliminar de las rocas de desecho debe considerarse la presencia de material potencial de generación de ácidos, ya que requiere un manejo y almacenamiento especial. Basándose en estudios preliminares, prevén que aproximadamente el 85% de las rocas no pertenecerán a este rubro; el 15% restante sí es material con generación potencial de ácido y debe ser encapsulado.

De acuerdo al plan que ha propuesto la empresa para la explotación de los minerales en el proyecto Ixtaca, se calculó, para los dos tipos de producción -directa y en escalamiento-, la cantidad total de desechos estériles y el porcentaje con potencial ácido que se generaría (Tabla 21).

Tabla 21. Generación de desechos con potencial ácido por tipo de producción

Producción	Tiempo	toneladas	Total	Desechos con potencial ácido (15%)
Escalamiento				
7,000	3 años	7,665,000		
9,000	3 años	9,855,000		
30,000	6 años	65,700,000	83,220,000	12,483,000
Directa				
30,000	12 años	131,400,000	131,400,000	19,710,000

11.5 Uso de agua

El Reporte Técnico considera que el abastecimiento de aguas a partir de la lluvia y corrientes superficiales será suficiente para las actividades mineras, sugiriendo que no habrá ninguna afectación sobre el acuífero. Sin embargo, la minería requiere un gigantesco volumen de agua, por lo que es difícil pensar que no se verán comprometidas las zonas abastecidas por las aguas subterráneas y superficiales de la subcuenca del río Apulco. Además, el agua utilizada para las actividades mineras suele quedar transformada en un contaminante, en algunos casos, de gran riesgo. Como ejemplo se menciona que para la mina Caballo Blanco, en el estado de Veracruz: "el minado significa diariamente, movilizar unas 30 mil toneladas de material (ritmo de producción igual que la proyectada para Ixtacamaxtitlán) y el uso de 3 mil metros cúbicos de agua del acuífero de Actopan; con la aplicación de mil 500 toneladas de cianuro de sodio por cada año."¹⁵³

En el artículo tercero del acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Río Tuxpan, Río Cazonos, Río Tecolutla, Río Nautla, Río Misantla, Río Colipa y Llanuras de Tuxpan, que forman parte de la subregión hidrológica Norte de Veracruz de la región hidrológica número 27 Norte de Veracruz, se señala que la disponibilidad

¹⁵²US EPA, "Title IV - Noise Pollution".

¹⁵³Gian Carlo Delgado Ramos, "Costos ecológicos de la minería aurífera a cielo abierto y resistencia social: una lectura desde el proyecto Caballo Blanco en México," *Intersecciones en Antropología* 14, no. 1 (2013), consultado agosto, 2015, .

media anual total de las aguas superficiales no comprometidas en esta subregión hidrológica asciende a 13,410.25 millones de metros cúbicos.^{154,155}

El cálculo estimado a partir de los datos del caso de la mina Caballo Blanco indica que el uso anual aproximado para el proyecto Ixtacamaxtitlán sería de 1,095 millones de metros cúbicos, sólo para la zona de actividades mineras en Ixtacamaxtitlán. Por otro lado, hay que tomar en cuenta que la disponibilidad se debe analizar desde tres perspectivas:

- Distribución temporal: ya que en México existen grandes variaciones de la disponibilidad a lo largo del año. La mayor parte de la lluvia ocurre en el verano, mientras que el resto del año es relativamente seco.
- Distribución espacial: ya que algunas regiones del país tienen precipitación abundante y baja densidad de población, mientras que en otras ocurre exactamente lo contrario.
- Área de análisis: ya que el problema del agua es predominantemente de tipo local. Los indicadores calculados a gran escala esconden las fuertes variaciones que existen a lo largo y ancho del país.¹⁵⁶

12. Conclusiones

12.1 Delimitación de la microcuenca por impacto de minería en Ixtacamaxtitlán

Dentro del capítulo séptimo de los lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental, en la sección de los criterios para delimitar un sistema ambiental se señala:

7.1. Se considerará adecuada una delimitación del sistema ambiental (SA), que haya utilizado alguno o algunos de los siguientes criterios: Unidades de gestión ambiental, para aquellos casos en los que el proyecto se ubique en una zona regulada por un Ordenamiento Ecológico Territorial. Factores sociales, como poblaciones, municipios, etc. Usos del suelo y tipos de vegetación, rasgos geomorfológicos, cuenca y microcuenca, usos de suelo permitidos por algún tipo de plan de desarrollo urbano, combinación de los criterios antes señalados para concretar mejor las unidades ambientales propuestas.

El área en la que se desarrollan los procesos mineros y a partir de la que se generarán impactos sobre el ambiente se encuentra en la región hidrológica número 27 Tuxpan-Nautla; en la cuenca hidrológica del Río Tecolutla, subcuenca del Río Tecuantepec (RH27Be), microcuenca del Río Apulco.

Tomando en cuenta los criterios para la delimitación del sistema ambiental -usos de suelo, tipos de vegetación, rasgos geomorfológicos, cuenca y microcuenca-, se generó la delimitación de la

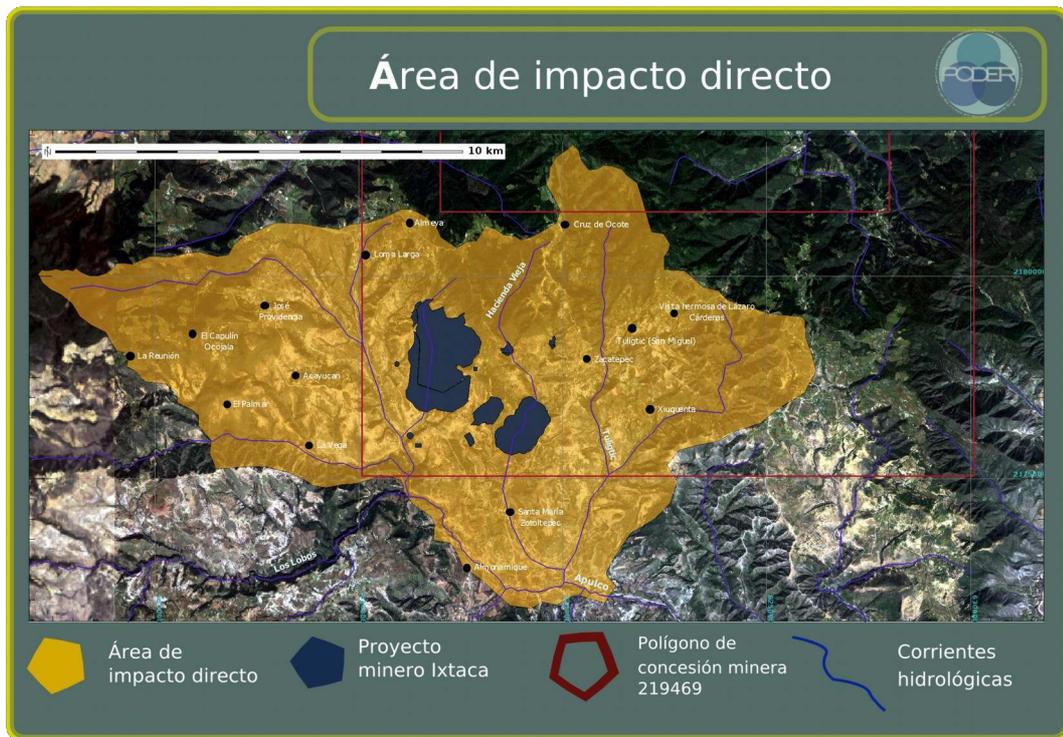
154Acuerdo por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994.

155La subregión hidrológica que comprende el norte de Veracruz pertenece a la región hidrológica número 27 Norte de Veracruz, y se encuentra localizada al este del país. Abarca los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, y está limitada al norte con la región hidrológica número 26 Pánuco y las cuencas hidrológicas Estero Galindo y Río Tancochín, al sur con la región hidrológica número 28 Papaloapan, al este con el Golfo de México y al Oeste con la región hidrológica número 18 Balsas. La superficie que ocupa comprende un área total de 22,758.4 km². Su sistema hidrológico está constituido principalmente por los ríos Tuxpan, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Misantla y Colipa.

156CONAGUA, "Capítulo 2: Situación de los recursos hídricos," en *Estadísticas del Agua en México 2008*, ed. SEMARNAT (México: SEMARNAT, 2008), consultado 28 agosto, 2015, .

microcuenca en el municipio de Ixtacamaxtitlán, que será denominada área de impacto directo por actividades de minería a cielo abierto (Figura 18). La imagen del área de impacto directo fue generada mediante un modelo de microcuenca y clasificación no supervisada de una imagen satelital landsat 8. En la imagen se puede observar el área que podría ser afectada en caso de que las actividades de explotación se llevaran al cabo en esta zona, la ubicación del proyecto minero, el polígono de concesión minera y las corrientes hidrológicas.

Figura 17 Área de Impacto directo en medio físico y biótico por actividades de explotación minera a cielo abierto en Ixtacamaxtitlán



Fuentes: Elaborado por Mayeli Sánchez (Ver anexo 5).

12.2. Afectaciones del proyecto minero Tuligtic al derecho humano al medio ambiente

En la revisión de proyecto minero del municipio Ixtacamaxtitlán, se encontró que en los informes preventivos (IP) de las tres fases de exploración denominados "Ixtaca", "Ixtaca I" e "Ixtaca III", las inconsistencias más evidentes son referentes a:

1) La profundidad a la que se realizaron las perforaciones (barrenación a diamante), con respecto a la perturbación de los acuíferos para esta zona.

2) La fecha de inicio de la primera fase exploratoria y la segunda en el Reporte Técnico no corresponden a las fechas reportadas en los Informes preventivos ante SEMARNAT.

3) La cantidad de barrenos y la superficie máxima permitida de afectación.

Con respecto al primer punto, en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en el Capítulo III sobre prevención y control de la contaminación de agua y de los Ecosistemas Acuáticos establece que:

Artículo 117.- se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país; II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo. Las exploraciones están sujetas a la norma ambiental NOM-123-SEMARNAT-1997 y NOM-123-SEMARNAT-2011.

Las poblaciones que se encuentran dentro del área de impacto directo determinadas mediante el presente análisis son: Tuligtic o San Miguel (226 habitantes), Xiuquenta (94 habitantes), Vista Hermosa de Lázaro Cárdenas (236 habitantes), Zacatepec (243 habitantes), Acayucan (49 habitantes), José Providencia (116 habitantes) y La Vega (73 habitantes), El Capulín (67 habitantes), El Palmar (2 habitantes), Loma Larga (120 habitantes), Almeya (88 habitantes), Cruz de Ocote (98 habitantes), Santa María Zotoltepec (431 habitantes) y Almonamique (39 habitantes) (Figura 17).¹⁵⁷

Para el proyecto de explotación, en el análisis sobre el Reporte Técnico presentado a la Industria minera Almaden se tiene en cuenta lo siguiente: Figura 17.

a) El proyecto presenta una afectación de la superficie que modifica severamente la morfología del terreno, elimina la cobertura vegetal de la zona y daña a la vegetación circundante, afecta el hábitat y, por lo tanto, el comportamiento de la fauna de la zona, y provoca destrucción en las áreas destinadas a cultivo sea este temporal o de riego.

b) Se producirá una gran cantidad de material estéril, con todas las implicaciones que tiene la producción de drenaje ácido.

c) Se alterarán los cursos de agua y se podrían formar jales para el material de desecho, con un alto potencial tóxico para las aguas superficiales y subterráneas, lo que alteraría los niveles freáticos y la calidad de agua de consumo humano, así como la utilizada para actividades agropecuarias. En el Reporte Técnico se muestran las figuras del proyecto, en las que claramente se puede observar que serán alterados cursos de agua (Figura 18).¹⁵⁸

Con respecto al riesgo que existe para realizar actividades agropecuarias, se puntualiza el hecho de que existe contaminación por estériles (drenaje ácido), filtraciones en las geomembranas de las presas de jales o por rupturas de diques o derrames de lodos y aguas contaminadas, que inundan zonas aledañas dejando inservibles los terrenos para cultivo y contaminando las fuentes de agua para uso agropecuario y humano. En la legislación no se contemplan medidas de prevención en este rubro, tan sólo inspecciones durante las actividades mineras que no garantizan que las medidas de seguridad en las instalaciones sean eficientes ante casos como los registrados en otras mineras -como los expuestos en este informe- y sanciones en caso de que se presenten daños ambientales.

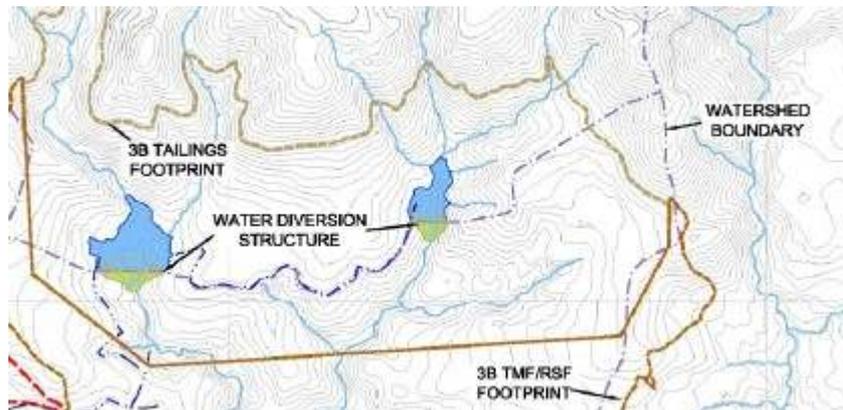
Por lo tanto, la minera representa un riesgo para las poblaciones circundantes y para el ecosistema, pues no siempre se trata de cuestiones técnicas, sino que se suman también errores humanos. Además, los supuestos beneficios de esta industria son a corto plazo, mientras los efectos ambientales, con o sin accidentes, son a mediano y largo plazo, debido a la generación de los desechos altamente tóxicos.

157SEDESOL, "Catalogo de Localidades", consultado el 22 de octubre, 2015, .

158Moose Mountain Technical Services, NI 43-101 technical report, Preliminary economic assessment of the Ixtaca project, p.142.

Existe un riesgo adicional y de suma importancia a mediano y largo plazo, debido al volumen de agua utilizada en los procesos mineros, que se estima sean de aproximadamente 3 mil m³ por día en la etapa de explotación y mantenimiento. Esto representa un volumen anual de 1,095 Mm³, que pretenden acaparar a partir de las corrientes superficiales y lluvia. Ya que no existe un abastecimiento seguro a partir de estas fuentes, el agua podría ser extraída de los mantos freáticos, con la consecuente desecación de pozos en la zona y disminución de niveles de los acuíferos. El agua, además, será contaminada con grandes cantidades de cianuro (aproximadamente 1,500 t anuales, 18,150 t en 12.1 años) por los procesos de obtención de los metales.

Figura 18. Imagen recortada de Reporte Técnico con los sitios de desviación de corrientes de agua



En la imagen satelital (Figura 19), se puede observar que algunas corrientes superficiales serán desviadas y utilizadas en los procesos mineros y que las corrientes, como el río Hacienda Vieja, que atraviesan la zona de mina desembocan en corrientes mayores, como el río Apulco, que corre por el estado de Puebla de oriente a poniente. Este hecho representa un alto riesgo, ya que en caso de fisuras o desbordamiento de las presas de desechos se contaminaría una gran extensión por el cauce de las corrientes superficiales afectando gravemente la zona mucho más allá de la delimitada zona de impacto directo.

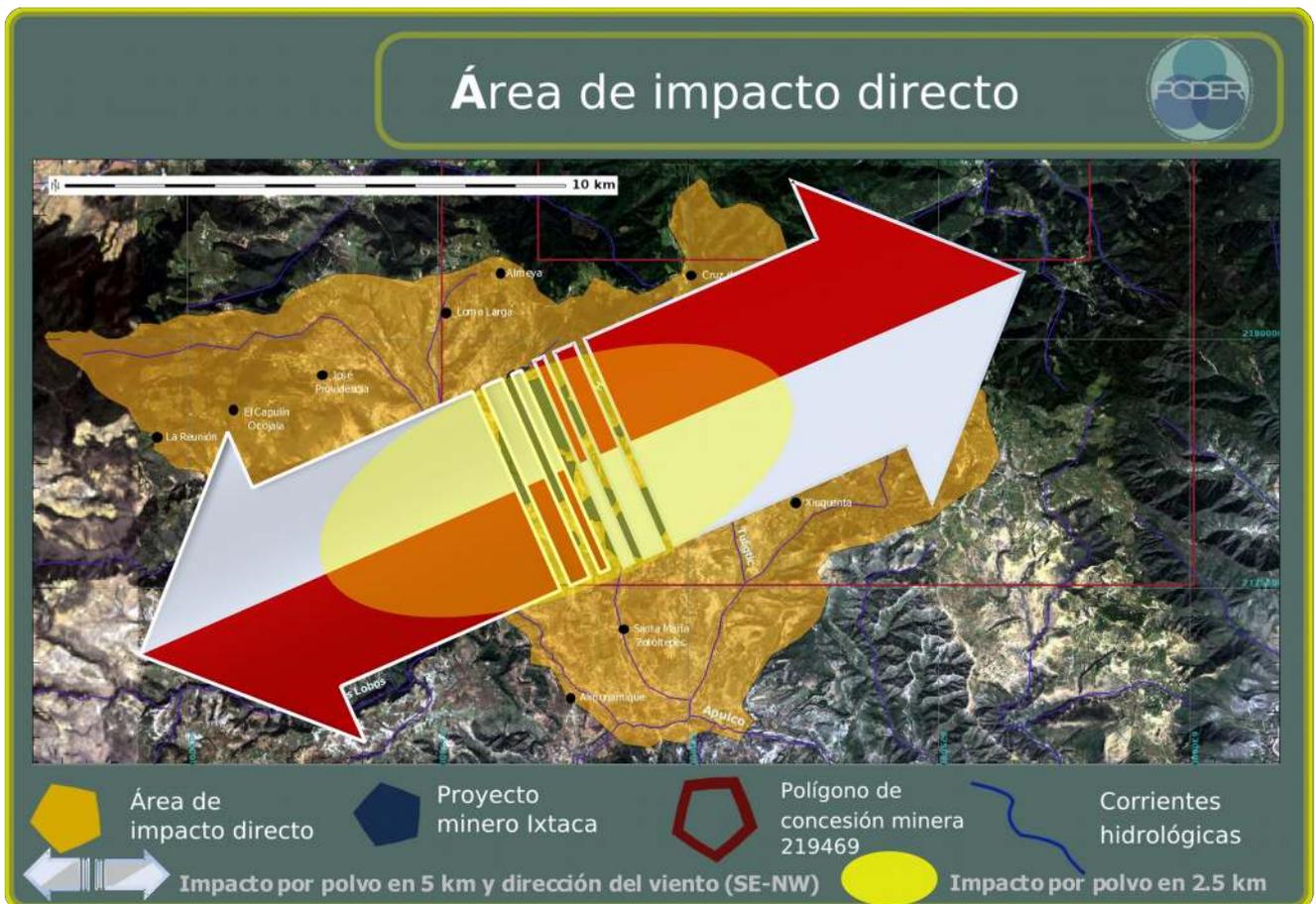
d) El proyecto minero está ubicado dentro de la zona denominada penisísmica, factor que aumenta los riesgos para las presas de jales. Por ello se recomienda la revisión del proyecto de construcción de la presa, pues ni los factores considerados para su construcción ni el método de construcción de aguas arriba no garantizan su seguridad.

e) Las emisiones de polvo calculadas para las actividades de explotación minera se centraron en las producidas por el tránsito vehicular, por ser las que más polvo generan dentro de los procesos mineros. Sin embargo se debe considerar que estas aumentan por las demás actividades, como voladuras, excavación, carga y descarga de material, presencia de escombreras y erosión eólica, debido a que las zonas que han perdido cobertura vegetal están expuestas de manera directa a la influencia del viento.

Los cálculos diarios aproximados de generación de polvo por tránsito vehicular para este caso están en un rango de 2,603.08-11,155.46 kg; las variaciones dependen del tenor del limo y del ritmo de producción -si es directa o en escalamiento. El grado en que este fenómeno podría afectar a las poblaciones que se encuentran dentro del área de impacto depende de las condiciones climáticas y

se incrementa en las épocas de secas, que por 12 años se ha extendido de noviembre a abril. Otro punto relevante es la concentración de contaminantes en el aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ya que se encontró que pueden ser mayores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con partículas inferiores a $5 \mu\text{m}$, que pueden penetrar a los pulmones y que disminuyen la calidad de aire respirable, provocando enfermedades y efectos dañinos sobre la vegetación circundante, por oclusión de estomas que disminuyen los procesos de respiración y la absorción de luz. El análisis que se realizó con las gráficas de dispersión de contaminantes en la sección 11.1 muestra que las poblaciones que se encuentran dentro de un área de 5 km sufrirán efectos por contaminación de polvo. Sin embargo debemos recordar que no se trata de un fenómeno constante ni regular, sino que está sometido a momentos de máxima concentración distribuidos en intervalos irregulares en los cuales las molestias pueden llegar a ser muy importantes. La velocidad del viento es un factor que influye en la concentración y distancia a la que viajan las partículas contaminantes, a mayor velocidad del viento más lejos llegarán estas partículas, no obstante, cuando los vientos son menores, aquellas poblaciones dentro de un radio de 2.5 km sufrirán concentraciones de contaminantes mayores y con un tiempo de permanencia más largo (Figura 19).

Figura 19 Área del proyecto minero Ixtaca e impacto por polvo por vientos dominantes
 Fuente: Elaborado por Aretha Burgos, modificado de M. Sánchez.



f) Con respecto a la flora y fauna del sitio puntualizamos el hecho de que esta zona pertenece al eje neovolcánico, una de las zonas más importantes en biodiversidad y uno de los principales

centros de endemismo y riqueza de especies. Actualmente, en la zona de Ixtacamaxtitlán se registra la presencia de especies que se encuentran bajo protección especial, peligro de extinción y/o con registro en el Apéndice de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. La perturbación de las zonas habitadas por estas especies aumenta la vulnerabilidad y presión ecológica sobre ellas, lo que contribuye a su extinción por la modificación del hábitat, la creación de áreas fragmentadas, la pérdida de cobertura vegetal y la contaminación de aire, suelos y agua.

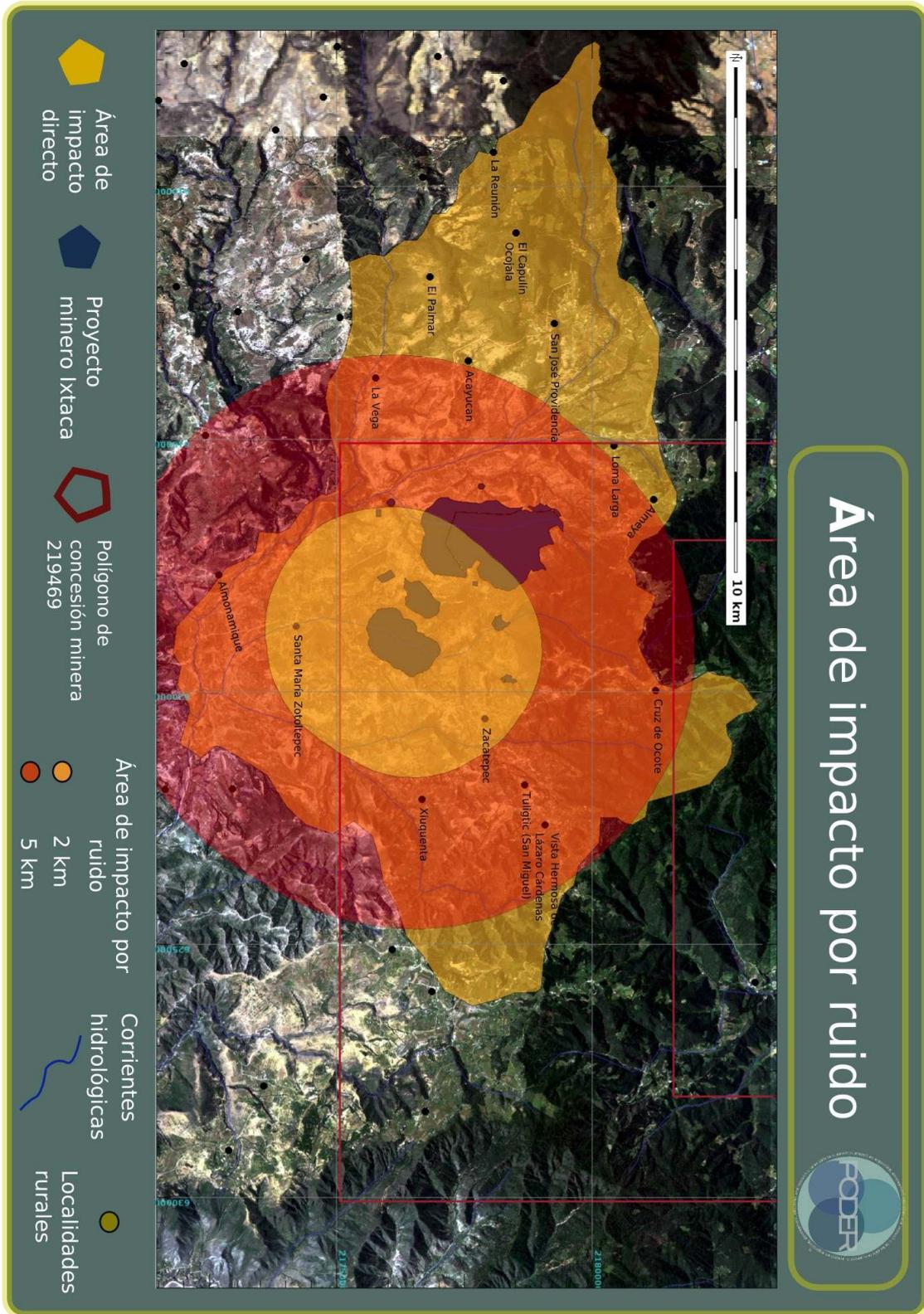
Recordemos que México ratificó el Convenio sobre la Diversidad Biológica, en el que reafirma que los Estados son responsables de la conservación de su diversidad biológica y de la utilización sostenible de sus recursos biológicos. Subraya que es vital prever, prevenir y atacar en su fuente las causas de reducción o pérdida de la diversidad biológica y que no debe alegarse falta de pruebas científicas inequívocas como razón para aplazar las medidas encaminadas a evitar o reducir al mínimo esa amenaza. Por otro lado reconoce la estrecha y tradicional dependencia de muchas comunidades locales y poblaciones indígenas de los recursos biológicos, y la conveniencia de compartir equitativamente los beneficios que se derivan de la utilización de los conocimientos tradicionales, las innovaciones y las prácticas pertinentes para la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes.

g) Otra problemática es que una vez terminada la actividad minera, no hay un manejo adecuado de los sitios, pues son entregados al Estado o a los dueños de la tierra a quienes se les alquiló. El que estos actores asuman el problema termina potenciando accidentes o impactos ambientales post-término de actividades.

h) La afectación por ruido fue determinada como riesgosa para distancias entre 100 m y 2 km con dBA entre 110 y 80.4. La EPA, por ejemplo, que da un valor promedio como límite, menciona que durante 4 horas diarias serían admisibles 78 dBA, durante 2 horas 81 dBA, durante 1 hora 84 dBA, sin embargo la exposición a niveles superiores a los 100 dBA no es recomendable ni siquiera durante lapsos muy cortos, dado que algunos individuos muy susceptibles podrían experimentar daño auditivo irreversible. Las poblaciones aledañas que tengan registros por arriba de los permitidos según la NOM-081-SEMARNAT-1994, serán más susceptibles a tener molestias relacionadas con el ruido, así que deberá tomarse en cuenta la frecuencia y duración de las emisiones. Por este motivo, la empresa deberá tomar en consideración medidas para la mitigación de ruido.¹⁵⁹ Por otro lado recordemos que este es también un factor que afecta a la fauna en su comportamiento pudiendo provocar migración (Figura 20).

¹⁵⁹United States Environmental Protection Agency, "EPA identifies noise levels affecting health and welfare" (EPA press release – April 2, 1974), consultado el 22 de octubre, 2015, .

Figura 20. Proyecto Minero Ixtaca y área de impacto por ruido y derrames a partir de presas de jales



Fuente: Elaborado por Burgos, modificado de Sánchez

Los daños ambientales están ligados a violaciones a los derechos humanos fundamentales. Las modificaciones físicas y químicas del ambiente no sólo afectan la salud, también transforman radicalmente el territorio, exponiendo a un alto riesgo el frágil equilibrio del ecosistema. El proyecto violaría el derecho humano al medio ambiente sano y al mismo tiempo los derechos humanos a la vida, la salud, la alimentación adecuada, la vivienda y la autodeterminación. El derecho fundamental a la vida podría ser negado por efectos de alteración del medio ambiente: por ejemplo, las enfermedades y las muertes causadas por la exposición aguda al agua contaminada (Tabla 23).¹⁶⁰

Tabla 23. Derecho al medio ambiente sano

DERECHO AL MEDIO AMBIENTE SANO		
Marco Normativo	Estado actual	Tendencias futuras
<p><u>Marco internacional</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente Humano (Stockolm, 1972) -Convención sobre los Derechos del Niño (1989) art.24 -Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992) -Declaración De Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992) <p><u>Marco regional</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Protocolo adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos con el Protocolo de San Salvador (1988) art.11 <p><u>Marco nacional</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917) art. 4 y 115 -Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA 1988) art.3 <p><u>Marco estatal de Puebla</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla 	<ul style="list-style-type: none"> -La Sierra Norte de Puebla no se encuentra en un buen estado de conservación, aunque si es el lugar más biodiverso del estado y cuenta con especies endémicas de flora y fauna. -Los bosques de coníferas son indispensables para la recarga del agua en los acuíferos que sirven las comunidades. -Algunas especies están en riesgo de extinción por problemas de eliminación del hábitat por deforestación, erosión, urbanización e infraestructuras. -La zona del proyecto está rodeada de áreas de gran importancia natural para la biodiversidad. -El sector principal es el agropecuario con suelos aptos para la agricultura y recursos forestales maderables. -La calidad del agua de los manantiales es idónea para el consumo humano, a excepción del de Las Canoas; la calidad de los ríos en general es buena y dentro de estándares nacionales. 	<p>Violación del derecho por cambios químicos- físicos del estado actual del medio ambiente por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contaminación - empobrecimiento de los recursos hídricos y forestales - destrucción de los hábitat - eliminación de la biodiversidad - cambio morfológico del paisaje <p>Los daños ambientales violan el derecho a poseer un medio ambiente salubre, así como a tener una justa calidad/cantidad de recursos naturales para las generaciones presentes y futuras.</p>

Fuente: Source International

¹⁶⁰Source, *Evaluación de impacto sobre los derechos humanos del Proyecto Ixtaca III*.

En la Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente se incluye al marco normativo internacional la obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras. Si aceptaran este proyecto, las instituciones gubernamentales pasarían por alto esta normativa, al no cuidar la naturaleza, ni la preservación hacia el futuro del territorio más biodiverso del estado de Puebla. El derecho de las futuras generaciones a aprovechar y depender de un medio ambiente sano significa poseer biodiversidad, productos alimenticios, recursos vitales salubres como el agua y el suelo. El área donde se planea el proyecto, ahora tiene todos estos recursos naturales y fundamentales, sin embargo las obras futuras cambiarán negativamente este escenario, violando múltiples derechos. Debido a que México ratificó el "Pacto de San José" (1981), el "Protocolo de San Salvador" (1996) y el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica (1992), no está cumpliendo con las obligaciones de protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente, debido a que algunos aspectos de la Sierra Norte se encuentran ya en una situación amenazada, debido a los impactos humanos: reducción de la biodiversidad, disminución de la cobertura vegetal, contaminación de las aguas, del aire y ocupación desmesurada del suelo.¹⁶¹

¹⁶¹Source, *Evaluación de impacto sobre los derechos humanos del Proyecto Ixtaca III*.