



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

LOS NUEVOS PAISAJES MINEROS DEL ORIENTE DE MICHOACÁN Y
OCCIDENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
José Avertano López de la Rosa Ascencio

TUTORES PRINCIPALES:
Dra. María Isabel Ramírez Ramírez
Dr. Claudio Garibay Orozco
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental

México, D. F. Junio, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi madre

Aliada en mi vida.

Y en memoria de mi Padre

Tus consejos aún siguen presentes...

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al proyecto PAPIIT Investigación ambiental de largo plazo: cambio en el uso del suelo en la región mariposa monarca (IN301411) que contribuyeron económicamente para realizar actividades complementarias e importantes durante los estudios de maestría en el CIGA.

Toda mi gratitud a la Dra. Isabel Ramírez por abrirme las puertas del CIGA. Directora y artífice en la generación de este documento. La tolerancia y sus consejos afianzaron la culminación de este proyecto.

Al Dr. Claudio Garibay Orozco, asesor e impulsor de los pensamientos libres, lo que permitió la construcción de este documento; su experiencia en la temática me impulsó a conocer diferentes perspectivas de la investigación.

A mis lectores Dra. Cynthia Armendáriz, Mtro. Antonio Navarrete y Dr. Manuel Bollo por sus oportunas observaciones que enriquecieron a este documento.

Al personal académico del Centro de Investigación en Geografía Ambiental participantes permanentes en la formación de profesionales.

Al Dr. Peter Hasdenteufel (colaborador en el departamento de Geografía de la Universidad Ludwig-Maximilians en Múnich, Alemania) por aceptar la realización de una estancia de investigación lo que favoreció a mi experiencia profesional.

A los compañeros estudiantes de la maestría, generadores de grandes ideas; las convivencias en las aulas fueron muy productivas. Que sus respectivos caminos estén llenos de éxitos...

Por último, pero más importante a Lidia Salas, sus inyecciones de entusiasmo y consejos fueron claves durante la redacción de este documento. Amiga y compañera de incalculables momentos. ¡Gracias por todo...y vamos por más!

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICES DE LAS FIGURAS, GRÁFICAS Y CUADROS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
1.- MINERÍA SUBTERRÁNEA Y A CIELO ABIERTO EN MÉXICO: CONTEXTO GENERAL.....	13
1.1.- Las fases de un proyecto minero: exploración, explotación y abandono	14
1.2.- Oro y Plata: principales metales en México	19
1.3.- Las grandes corporaciones mineras presentes en México	23
1.4.- Las Presas de Jales en México.....	25
2.- LOS ELEMENTOS DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	29
2.1.- Aspectos biofísicos.....	30
2.2.- Aspectos sociodemográficos y económicos	36
3.- MATERIALES y MÉTODOS	41
3.1.- LETOPID.....	45
3.2.- Matriz de Folchi.....	47
4.- DE LA PEQUEÑA MINERÍA A LA CORPORATIVA: DISTRITO DE ANGANGUEO, MICHOACÁN	54
4.1.- Reactivación de las antiguas instalaciones mineras	57
4.2.- La presa de jales en Angangueo	59
4.3.- Componentes ambientales de la minería subterránea: matriz de Folchi	66
5.- MINERÍA A CIELO ABIERTO: DISTRITO DE TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO	69
5.1.- La nueva minería en el distrito minero de Temascaltepec	70
5.2.- Principales cambios en el paisaje minero: un enfoque cuantitativo	73
5.3.- Riesgo en el abastecimiento de agua para las comunidades.....	85

5.4.- Componentes ambientales de la minería a cielo abierto: matriz de Folchi	88
DISCUSIÓN.....	91
CONCLUSIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA	99
APÉNDICE	108
ANEXOS	114

ÍNDICES DE LAS FIGURAS, GRÁFICAS Y CUADROS

Índice de Figuras

Figura 1: Ejemplo del perfil vertical de la minería a cielo abierto	14
Figura 2 : Ejemplo del diseño vertical de la minería subterránea.	16
Figura 3: Etapas de la actividad minera- metalúrgica.	18
Figura 4: Provincias Metalogénicas de México.....	19
Figura 5: Producción de oro y plata en México.....	22
Figura 6: Principales corporaciones extranjeras y nacionales asentadas en México	25
Figura 7: Ubicación de los distritos mineros de Angangueo y Temascaltepec	30
Figura 8: Rangos altitudinales en los distritos mineros de Angangueo y Temascaltepec....	31
Figura 9: Grupos de suelo de los enclaves mineros de Angangueo y Temascaltepec.....	33
Figura 10: Rasgos hidrológicos de las respectivas áreas concesionadas.....	35
Figura 11: Límites de predios en los diferentes enclaves mineros.	40
Figura 12: Esquema general del proceso metodológico.....	44
Figura 13: Cuenca de visibilidad.....	46
Figura 14: Antiguo vagón de la mina de Angangueo.....	55
Figura 15: Ubicación del distrito minero de Angangueo, Estado de Michoacán.	56
Figura 16: Arreglo espacial de las instalaciones mineras de Angangueo.....	58
Figura 17: Entrada a la mina subterránea “el socavón San Hilario”	59
Figura 18: Antigua planta de beneficio en Angangueo	59
Figura 19: Cuenca de visibilidad de la presa de jales.....	60
Figura 20: Principales cubiertas de suelo identificadas con imágenes Spot del año 2012...	62
Figura 21: Resultado de la simulación del desbordamiento de la presa de jales.....	63
Figura 22: Profundidades alcanzadas en la simulación de la presa de jales.....	64
Figura 23: Vista de la antigua presa de jales	65
Figura 24: Erosión hídrica en la presa de jales, Angangueo	65
Figura 25: Presencia de lixiviados en la presa de jales.....	65
Figura 26: Distrito Minero de Temascaltepec, Estado de México.	70
Figura 27: Prospección de las instalaciones mineras en Temascaltepec.	72
Figura 28: Posibles paisajes mineros en el distrito de Temascaltepec.	75

Figura 29: Erosión y desmorte en los alrededores del proyecto minero	76
Figura 30: Áreas con valor ambiental intervenidas por la actividad minera a cielo abierto.	78
Figura 31: Escenario prospectivo geomorfológico del distrito minero en Temascaltepec...	81
Figura 32: Intervisibilidad de los tajos en el paisaje del distrito minero de Temascaltepec.	83
Figura 33: Panorámica del paisaje local en el municipio de Temascaltepec.....	84
Figura 34: Localidades por numero de habitantes dentro del acuífero de Temascaltepec ...	87
Figura 35: Desabasto de agua potable en las localidades del acuífero de Temascaltepec ...	87
Figura 36: Simulación de las nuevas instalaciones mineras en Angangueo.....	92

Índice de Gráficas

Gráficas 1: Precios de los principales metales de México.....	21
Gráficas 2: Porcentajes de participación extranjera en el territorio mexicano	24
Gráficas 3: Pirámide poblacional de los municipios de Angangueo y Temascaltepec	37
Gráficas 4: Componentes ambientales modificados a causa de la minería subterránea	67
Gráficas 5: Componentes ambientales transformados a causa de la minería superficial.. ...	89

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Historial de accidentes importantes ocasionados por los depósitos de jales.	27
Cuadro 2: Población económicamente activa por sectores de actividad en el año 2000.....	38
Cuadro 3: Lista de componentes ambientales en la matriz de Folchi	49
Cuadro 4: Factores de impacto con sus posibles escenarios y rangos de magnitudes.....	51
Cuadro 5: Magnitudes asignadas por cada factor de impacto	52
Cuadro 6: Valor de los factores de impactos y componentes ambientales.....	53
Cuadro 7: Superficie a modificar a causas de la actividad minera.	58
Cuadro 8: Periodos de retorno de la precipitación anual cercanas al enclave minero.....	61
Cuadro 9: Impacto global en los componentes ambientales de la minería subterránea.	68
Cuadro 10: Superficie afectada en el uso del suelo y vegetación del área concesionada.....	74
Cuadro 11: Programa de extracción de material rocoso por año.....	79
Cuadro 12: Impacto global en los componentes ambientales de la minería a cielo abierto.	90

INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano cuenta con características físicas que le permiten poseer un subsuelo rico en recursos minerales. Esa riqueza geológica ha permitido posicionar a nuestro país entre los primeros lugares a nivel mundial en producción de plata, celestita y bismuto. Así mismo, se encuentra entre los diez primeros en producción de cadmio, arsénico, molibdeno y plomo (Muro, 2005; INEGI, 2013).

Esta explotación del subsuelo se ha intensificado a un ritmo considerable en la última década (Ramos-Arroyo y Siebe - Grabach, 2006) respondiendo a la fuerte demanda global en diferentes sectores de la industria, construcción y servicios (Secretaría de Economía, 2012; Tanaka *et al.*, 2007). Este hecho ha impulsado el progreso tecnológico de los últimos años generando cambios importantes en el proceso de extracción de los minerales.

Por su parte, los cambios en las regulaciones políticas y económicas en temas de explotación de recursos naturales, específicamente del subsuelo, han sido caracterizados por implementar medidas liberales del Estado (Barrera de la Torre, 2013); lo que incentiva el ingreso de empresas extranjeras al territorio nacional.

La estrategia fundamental de estas grandes corporaciones consiste en la utilización de tecnología sofisticada con la que se ahorra tiempo de extracción, se acelera el proceso de producción y se reducen costos económicos (Cañizares, 2000; Garibay, 2010). Estos tipos de métodos de explotación traen consigo diversos cambios que se perciben en los paisajes locales y regionales (Cañizares, 2000; Carsjens y Der, 2002; Krause, 2001).

En la época colonial se desarrollaron diversos paisajes mineros (Real de Catorce, Taxco, Pachuca, Real del Monte, Mineral de Angangueo, Tlalpujahua, por mencionar algunos) dando lugar a una resistente actividad minera a lo largo de varios siglos. En lo que respecta al estado de Michoacán, sólo entre los límites con el Estado de México se identifican más de 200 distritos mineros (Secretaría de Economía, 2008), casi todos inactivos, a excepción

de dos distritos mineros en proceso de reactivación: Angangueo y Temascaltepec. Estos distritos contiguos son el lugar de interés de nuestra investigación.

El distrito de Angangueo se ubica dentro de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (RBMM). Anteriormente se explotaba plata y cobre, pero en la actualidad la extracción de mineral se encuentran detenida; sin embargo, la compañía minera Grupo México (GM) ha implementado estudios de exploración en la zona; logrando identificar vetas con alto potencial de explotación. En su caso, se pretende reanudar la extracción metalúrgica por el método subterráneo, como anteriormente se hacía, pero empleando maquinaria moderna para acelerar el ritmo de aprovechamiento.

El otro caso de estudio es el distrito de Temascaltepec, que a diferencia de Angangueo, no se encuentra dentro de los límites del área natural protegida, aunque forma parte de la región País de la Monarca. Las vetas de este distrito minero son explotadas por la compañía canadiense First Majestic Silver (FMS) mediante el método subterráneo, pero en los nuevos informes técnicos emitidos por la corporación canadiense se aprecia que han solicitado a la Secretaría de Economía (SE) cambiar el método de extracción a cielo abierto; lo que ha generado reacciones en los diferentes actores sociales interesados en el tema.

Problemática

La actividad minera es una de las principales industrias que causan cambios en el territorio (Canet y Camprubí, 2006). Ésta consumen considerable recursos naturales del entorno inmediato, requieren extensas superficies para el asentamientos de la infraestructura y necesita grandes cantidades de agua para el beneficio del mineral (Garibay, 2010).

Los enclaves mineros activos en estudio se localizan dentro de las áreas naturales protegidas más importantes del país, destacando la RBMM, Nevado de Toluca, Zona Protectora Forestal y los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Es importante mencionar que el área está catalogada como región prioritaria con alto valor biológico identificada por la Comisión

Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Lo que ha generado cierta alarma entre grupos ambientalistas interesados que pronostican a la nueva minería amenaza de las zonas de conservación.

En contraparte, la mayoría de los habitantes del histórico pueblo minero de Angangueo considera de suma importancia la reactivación de la actividad minera ya que generaría empleos y servicios dirigidos a las comunidades de la zona, garantizando una mayor estabilidad económica y cohesión social (Industrial Minera México, 2005). Por su parte, entre los habitantes de Temascaltepec existen opiniones encontradas sobre los beneficios económicos que alcanzarán con la minería a cielo abierto, principalmente debido a que la actual explotación no ha beneficiado a las comunidades aledañas.

Otra problemática asociada es la falta de compromiso por parte de las empresas mineras ante las inminentes modificaciones a los paisajes antro-po-naturales. Los antecedentes en otros enclaves mineros presentan casos de rompimiento del tejido social, conflictos económicos y laborales en las comunidades cercanas al proyecto minero (Garibay, 2010).

Existen diferentes autores que analizaron las consecuencias ambientales de la actividad minera. Rodríguez (2002), Samimi *et al.*, (2011) mencionan la pérdida de la cubierta vegetal y la degradación de la tierra; López (1987) determinó el impacto en la topografía y cambio de flujo en los afluentes; también se han reportado peligros por deslaves, contaminación de cuerpos de agua (Chávez *et al.*, 2011), apertura de caminos, desplazamiento de la fauna, asolvamiento en cuerpos de agua y reducción del manto freático (Martín *et al.*, 1998). Ahmed y Mohamed (2011) argumentan la presencia de residuo minero en el aire y alteración al microclima.

En suma encontramos un territorio que tiene importantes valores ambientales ubicados especialmente en una amplia superficie boscosa, encontramos comunidades agrícolas con un manejo tradicional de la tierra, con una relativa abundancia de recursos hídricos de buena calidad para el consumo humano y agrícola. Un territorio que fácilmente puede ser degradado por la expansión de emplazamientos mineros.

Preguntas de investigación

Considerando las características complejas del territorio donde se pretende reactivar la minería, y con base al dilema expuesto daremos respuesta al siguiente conjunto de preguntas de investigación: ¿Cuáles son los efectos ambientales de la actividad minera a nivel regional?, ¿qué tipo de escenarios ambientales se esperaran a nivel local?, y por último, ¿qué componentes ambientales son susceptibles a la llegada de la minería de gran escala?

Objetivos

La puesta en marcha de los proyectos mineros de Angangueo y Temascaltepec tendrán repercusiones ambientales a escala local y regional, por estas razones, la presente tesis tiene como principal objetivo identificar los escenarios ambientales actuales y las posibles consecuencias futuras sobre el paisaje derivadas de la minería subterránea y a cielo abierto en los distritos de Angangueo, Michoacán y Temascaltepec, Estado de México. En cuanto a objetivos particulares, hemos planteado lo siguiente:

- 1.- Caracterizar las zonas de extracción y las áreas potenciales de influencia de la minería subterránea y a cielo abierto.
- 2.- Identificar las posibles repercusiones ambientales, a mediano plazo, en los respectivos distritos mineros.
- 3.- Representar espacialmente los escenarios ambientales de la minería subterránea y a cielo abierto.
- 4.- Cuantificar las cubiertas del terreno y la exposición visual en los respectivos distritos mineros.

Justificación

En virtud de que la actividad minera no podrá dejar de existir, ya que es imprescindible para la sociedad moderna y la demanda de minerales progresa exponencialmente con el tiempo; pero también reconociendo de los efectos de la minería puede ser altamente dañinos al ambiente y vida social de regiones enteras, es por lo tanto indispensable impulsar la investigación enfocada a la detección y evaluación de los peligros y riesgos ambientales derivados de esta actividad (Canet y Camprubí, 2006); conocer los efectos que tiene la actividad post-minería sobre el territorio; y dimensionar de manera cuantitativa y cualitativa la situación ambiental de los enclaves mineros.

Lo anterior permitirá tener un antecedente de la zona de estudio, que se comparará con otros estudios a futuro. Mientras tanto, los escenarios próximos que se plantearán dentro de esta investigación, podrán mostrar un panorama general de los resultados de la actividad minera propuesta por las respectivas compañías mineras, lo que permitirá establecer pautas de planeación, disminución y mitigación de sus efectos ambientales dando como resultado una herramienta útil para los tomadores de decisiones e interesados en la temática minera.

Aunque este tipo de estudio va en aumento, son escasos los que tienen un enfoque geográfico, esenciales para la interpretación del paisaje, por lo que se hace necesario conocer la dinámica minera en el territorio a través del tiempo (Monjezi *et al.*, 2009). Los métodos *Landscape Evaluation Tool for Open Pit Mine Design* (LETOPID) y *Matriz Folchi*, utilizados en el presente trabajo, son de gran utilidad para dimensionar cuantitativamente los elementos ambientales expuestos a la actividad minera. La aplicación de estos métodos, combinados con el análisis espacial, ayudará a comprender la dinámica del territorio de forma integral.

1.- MINERÍA SUBTERRÁNEA Y A CIELO ABIERTO EN MÉXICO: CONTEXTO GENERAL

En México existen dos principales métodos de explotación dentro de la minera metalúrgica: la subterránea y a cielo abierto, las cuales son determinadas por diversos factores, como la localización de las vetas, los costos de extracción y el tipo de material a extraer.

La disposición de los yacimientos mineralizados en el subsuelo determina la técnica de explotación. Cuando el mineral está expuesto en vetas concentradas (alta ley) el método es subterráneo. Cuando el material está disperso en el manto mineralizado (baja ley) el método es el de minería a cielo abierto. Para ello es indispensable la exploración de los yacimientos minerales y diseñar el tipo método a emplear (Jiménez *et al.*, 2006).

El *método subterráneo* se desarrolla entre las capas del subsuelo, a profundidades entre los 200 a 1000m; consiste principalmente en “picar”, barrenar (taladrar), remover y transportar el material a la superficie para su procesamiento, por lo que la mano de obra es indispensable en esta técnica. Este método también es implementado en las zonas mineralizadas en forma de vetas (“venas”), donde el tamaño y la forma de la veta sirven como variables para diseñar los túneles y números de socavones (entradas-salidas) que conectarán a la mina (Berrezueta y Domínguez, 2010).

Por otro lado, los minerales diseminados (dispersos en el estrato rocoso) o de baja ley, son muy difíciles de extraer por el método subterráneo. Esto ha dado pie a que las compañías mineras implementen *la actividad a cielo abierto*. En la actualidad es de las técnicas más recurrentes (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). La principal característica de este método es la utilización de grandes maquinarias que procesan enormes volúmenes de materiales rocosos en un tiempo corto y con menos mano de obra. Mediante este método se realizan modificaciones importantes a las superficies y topografía de la zona, caracterizados por cortes verticales en el terreno que dan forma a cráteres (figura 1).

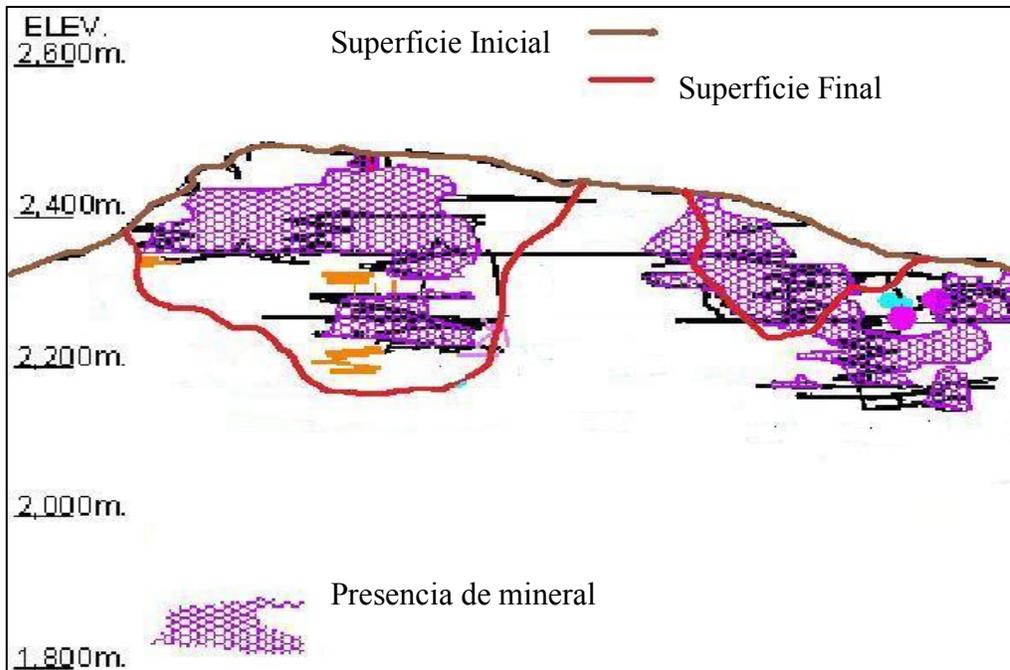


Figura 1: Ejemplo del perfil vertical de la minería a cielo abierto (Clark *et al.*, 2010)

Los dos métodos de extracción antes mencionados suelen ser utilizados en un mismo proyecto minero. El objetivo principal de las empresas encargadas de recuperar el mineral es obtener un beneficio económico. Por ello, la extracción a cielo abierto es identificada como un método que destaca en los márgenes de ganancias.

La transformación del territorio ante la llegada de un proyecto minero es radical por su escala e impacto. Nuevos paisajes mineros van progresivamente rompiendo con esquemas locales de interacción social, ambiental y económica.

1.1.- Las fases de un proyecto minero: exploración, explotación y abandono

Una vez que los particulares o instituciones privadas han obtenido la concesión minera, se realiza una serie de actividades que pueden ser divididas en tres grupos: exploración, explotación y beneficio (Dillon y Blackwell, 2003). La actividad minera se puede explicar de la siguiente forma:

EXPLORACIÓN

La exploración del territorio es la primera fase importante de una actividad minera, este paso determina la viabilidad del proyecto en la zona. En el proceso, la corporación minera busca los posibles minerales existentes ocupando herramientas como teledetección, muestreos de suelos, trabajo de campo y análisis geoquímicos de las rocas, mismos que permiten determinar la presencia de minerales en el subsuelo (Promovente Minera Peñasquito, 2006).

Una de las técnicas utilizadas en campo dentro de la prospección del terreno es la barrenación del subsuelo, importante en la obtención de pruebas físicas y químicas que ayudan a determinar las reservas de mineral en la zona. De esta manera, se analiza la calidad y rentabilidad del yacimiento (USEPA, 2011). La prueba de los inventarios minerales establecerá una nueva etapa antes del comienzo de explotación.

Otro de los puntos importantes antes de comenzar las operaciones de la actividad es la negociación con las comunidades, trascendental para desarrollar la actividad satisfactoriamente. La interacción y aceptación de nuevos actores sociales ayudará a disminuir conflictos con la empresa minera (Jiménez *et al.*, 2006).

Una vez que el proceso de búsqueda de mineral ha finalizado y se han hecho todos los procesos y acuerdos administrativos, económicos y sociales que implican la actividad en el territorio, se procede a la fase de explotación del mineral.

EXPLOTACIÓN

La explotación del subsuelo consiste en desprender y extraer los productos minerales o sustancias existentes con valor económico en el mercado nacional o internacional (López y Eslava, 2011). La explotación del yacimiento es entendida como el proceso para desenterrar el mineral del subsuelo, tiene diferentes sub-etapas, como la preparación del terreno, asentamientos de la infraestructura, apertura de caminos, por mencionar algunos.

Por ejemplo en el método a cielo abierto durante el proceso se hace la selección del material estéril de la mina, es decir, todo aquello sin valor comercial para la extracción y que se encuentra en la capa superficial del suelo, tal es el caso de la corteza vegetal, (Sánchez, 1995).

La siguiente etapa es la explotación del mineral útil (capas subsecuentes). En México, la explotación del recurso mineral suele durar de 5 a 50 años, determinado por el tamaño del yacimiento. Dentro del proceso de explotación se realiza el beneficio del mineral, que inicia con la fundición y refinación del producto (López y Eslava, 2011). Actualmente, la extracción por el método subterráneo se efectúa mediante trabajos “modernos”, es decir, mediante galerías con tiros de comunicación y ventilación, implementando maquinaria pesada, lo que convierten la técnica en algo sistemático (González y Camprubí, 2010) (figura 2).

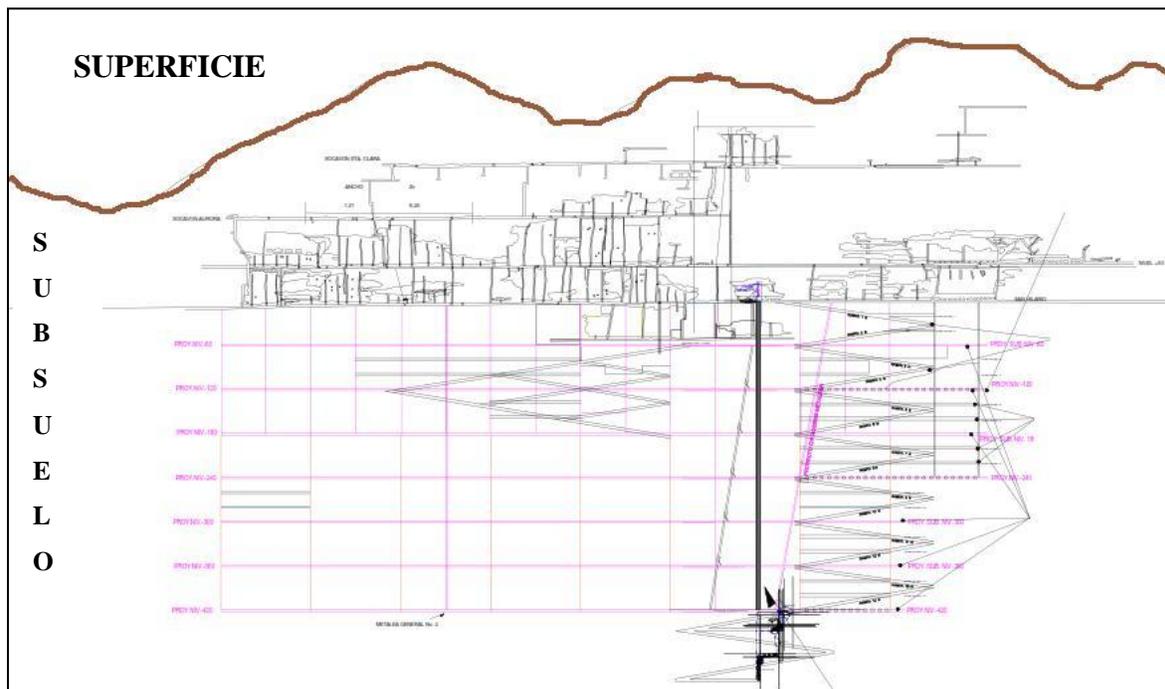


Figura 2 : Ejemplo del diseño vertical de la minería subterránea (Industrial Minera México, 2005).

ABANDONO (CIERRE)

El abandono de un proyecto minero se presenta después de haber agotado todas las reservas de mineral en el subsuelo concesionado. La compañía minera comienza a dismantelar las instalaciones e infraestructura que fueron utilizadas durante el proceso de explotación (USEPA, 2011). En el proceso de cierre existen diferentes opiniones sobre el escenario de abandono que va dejar la compañía minera. Por un lado, las instalaciones de servicios construidas en beneficio de las comunidades cercanas (como un acuerdo de negociación de ambas partes), y por otro, los impactos al ambiente y el beneficio económico que recaudó la empresa minera. El plan de cierre de una mina es presentado al inicio del proyecto y desde entonces se informa el procedimiento a seguir para que sea exitoso, sin embargo, nunca se han tenido estudios posteriores al cierre sobre la estabilidad ambiental, social y económica del lugar.

La figura 3 muestra el esquema general de la actividad minera.

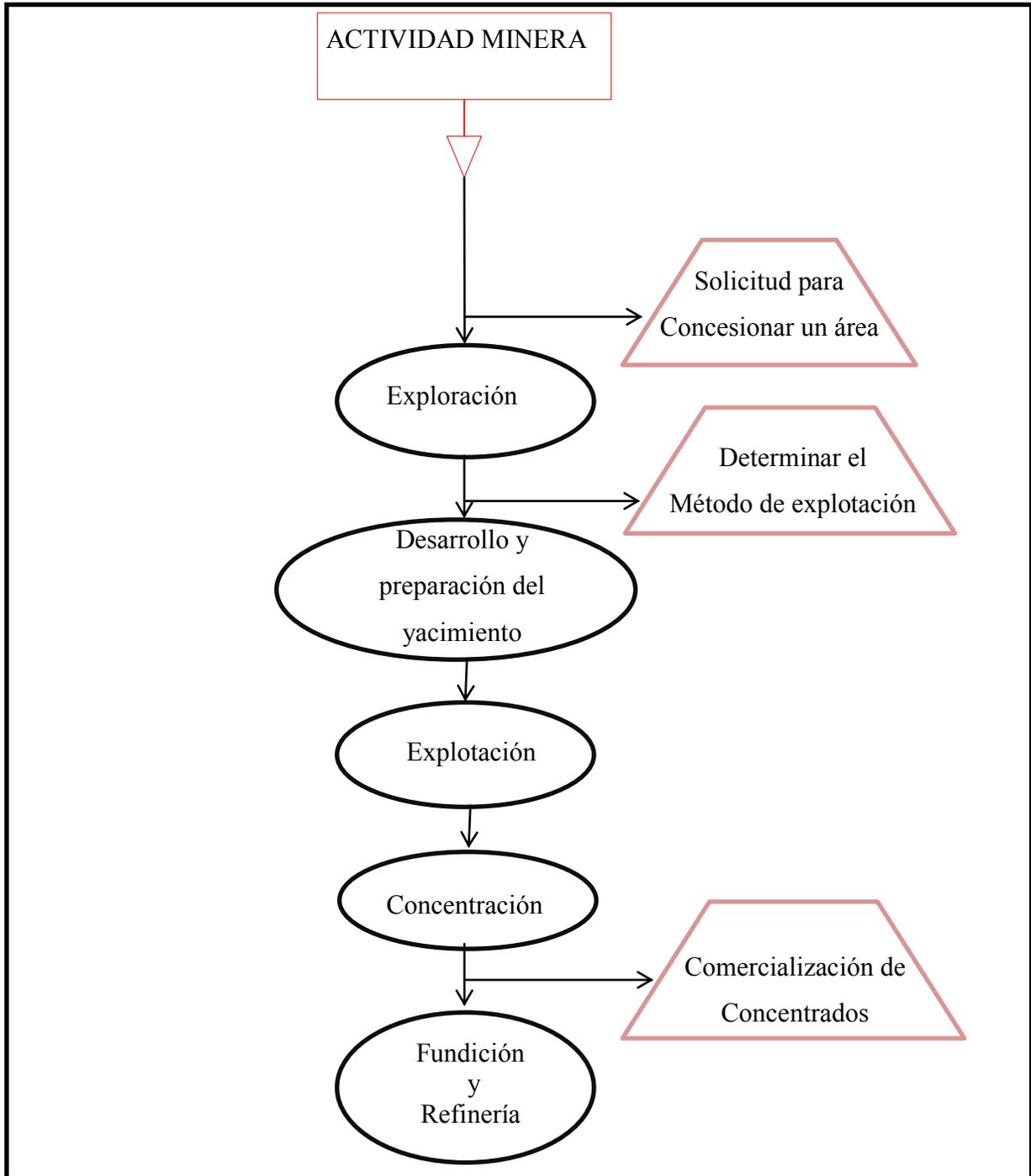


Figura 3: Etapas de la actividad minera- metalúrgica (Dammert y Molinelli, 2007).

1.2.- Oro y Plata: principales metales en México

La convergencia de procesos tectónicos, volcánicos y metamórficos en los tiempos geológicos de la tierra permitió el desarrollo de diferentes metales presentes en la corteza terrestre¹ (Duque, 2003). Los metales se caracterizan por sus propiedades físicas y químicas, y se agrupan en siderúrgicos, metales no ferrosos, metales preciosos y no metálicos. En los dos últimos grupos señalados encuentra el plomo (Pb), cobre (Cu), oro (Au), zinc (Zn), plata (Ag), azufre (S), caolinita ($Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$), yeso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), grafito (C), sal (NaCl), entre otros (INEGI, 2012; Servicio Geológico Mexicano, 2008).

Respecto al territorio mexicano, los procesos tectónicos y volcánicos lograron conformar paisajes geomorfológicos interesantes, tales como sierras, llanuras, valles, planicies, algunos de ellos con subsuelos ricos en metales. En un estudio realizado por el Servicio Geológico Mexicano (2008) se delimitaron provincias de los principales recursos minerales en México. Destaca la zona noroeste con presencia de oro y el centro-norte del país con posibles yacimientos de plata (figura 4).

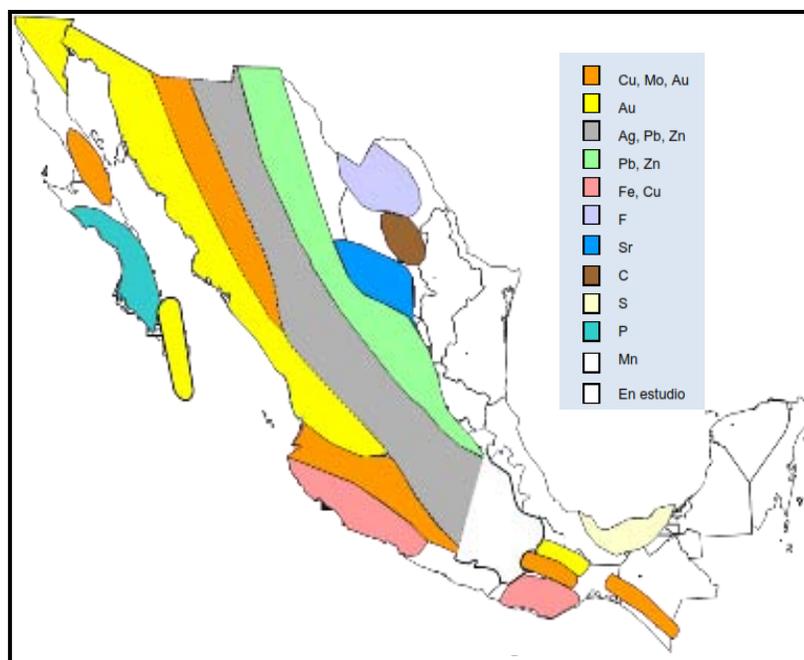


Figura 4: Provincias Metalogénicas de México (Servicio Geológico Mexicano, 2008).

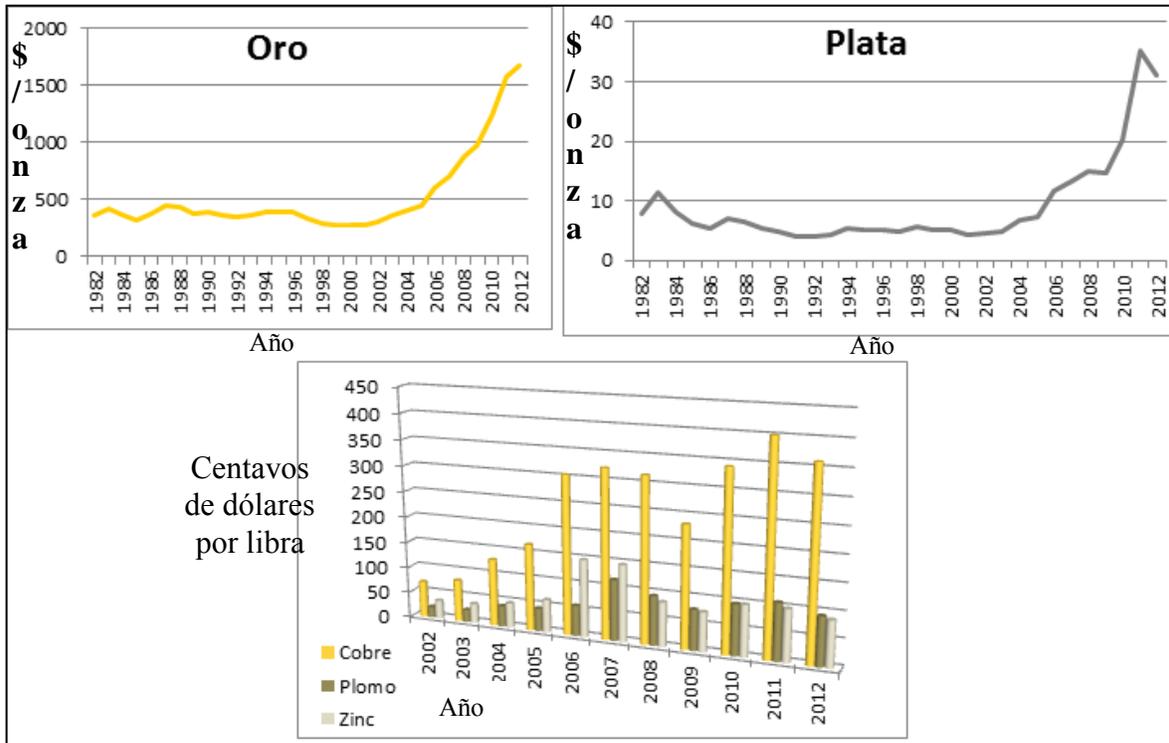
¹ El proceso se explica mejor a través del ciclo de la roca. En el proceso, se puede resaltar el enfriamiento del magma, lo cual lleva a una cristalización de diminutos sólidos llamados minerales.

La actividad minera mantiene una gran importancia en la economía de México desde tiempos precolombinos. La utilización de rocas como la obsidiana y el jade, minerales como la turquesa y el ópalo; y metales como oro, plata y cobre (González y Camprubí, 2010) constituyen algunos ejemplos de elementos y minerales que se han explotado históricamente en el país.

La comercialización y el valor agregado² a los minerales metálicos a nivel mundial se fue conformando a través de la oferta y la demanda (Delgado, 2010), colocando así una lista de los recursos más utilizados para la población: el oro es utilizado para hacer monedas, joyería, equipos médicos, objetos electrónicos y pintura artesanal; la plata es manipulada para fabricar películas fotográficas, desinfectantes, materiales para servicios de salud y joyería; otro de los metales utilizados es el cobre, para fines de plomería, máquinas industriales, fabricación de cables eléctricos y también utilizado frecuentemente en la agricultura (Miret, 2011).

Los precios de los metales son dinámicos, sin embargo, existe una tendencia al incremento promedio de su valor anual desde hace treinta años. Por ejemplo, en el año de 1982 la onza de oro costaba 400 dólares americanos, y para el año 2012 aumentó a 1600 dólares. En el mismo sentido, la plata (9 dólares precio base) incremento su valor promedio anual en diferencias de 21 dólares por onza en las últimas tres décadas (grafica 1). El incremento de los precios de los metales incentiva a las empresas mineras a explorar yacimientos con valor económico.

² El oro y plata son metales preciosos que sirven a la economía global como minerales de resguardo monetario, la unidad de medida estándar es la onza (28.35 gramos).



Gráficas 1: Precios de los principales metales de México. Elaboración propia con datos de la Cámara Minera de México, 2013.

La actividad minera en América Latina es rentable para los inversionistas que buscan crecer su capital económico. Las políticas públicas y falta de legislación en el tema ofrecen innumerables oportunidades de asentamiento minero (Delgado, 2012; Folchi, 2001). Este tema no es ajeno en México. La participación económica de la minería en el país comenzó a subir de nivel en la década de 1990, después de las modificaciones a la Constitución Mexicana (reforma al artículo 27) y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Ambos sucesos fueron sustanciales para comprender el progreso de la minería en los años posteriores (López y Eslava, 2011).

Los cambios estratégicos surtieron efecto a corto plazo. La llegada de empresas internacionales al territorio mexicano abrió la posibilidad de nuevas competencias. La maquinaria y tecnología de países como Estados Unidos y Canadá fueron de las primeras en asentarse, opacando a la industria nacional caracterizada por la mano de obra poco eficiente y herramientas obsoletas, lo que derivó en el cierre compañías mineras.

En México, las concesiones otorgadas están orientadas a la extracción de metales. Los Estados que tienen una alta producción son: Guerrero (80% plata y 20% oro), Sonora y Baja California (90% plata y 10% oro), aunque también destacan por la producción de plata otros estados como Coahuila, Sinaloa y Estado de México, solo por mencionar algunos (figura 5).

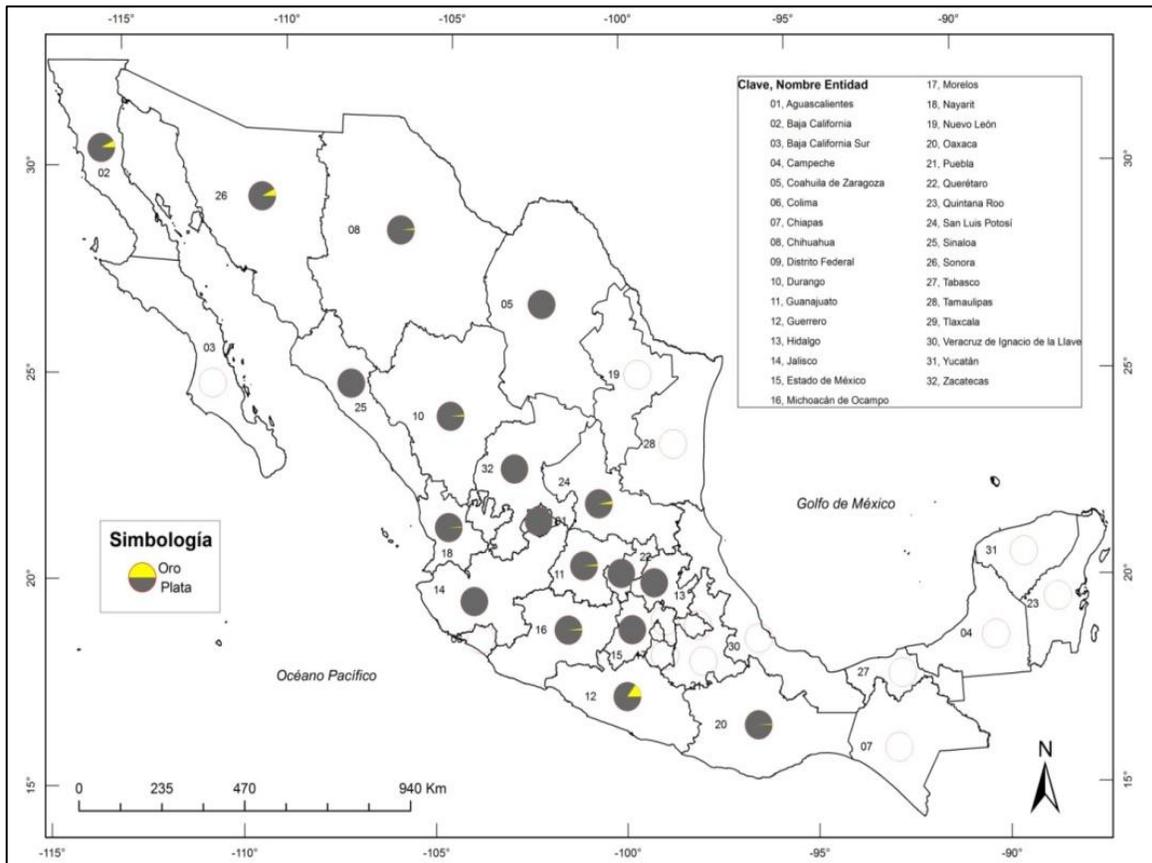


Figura 5: Producción de oro y plata en México. Elaboración propia con datos de Cámara Minera de México, 2013.

La explotación de las minas a cielo abierto se ha implementado en la mayor parte de los proyectos mineros como la modalidad predominante, dejando a un lado el método tradicional subterráneo. Esta circunstancia se ha vuelto más frecuente y la aparición de conflictos se suscitan entre los concesionarios y las comunidades por la falta de acuerdos (Cárdenas, 2013).

1.3.- Las grandes corporaciones mineras presentes en México

Las corporaciones mineras con mayor presencia en América Latina provienen de países como Australia, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Sudáfrica y Brasil. Estas compañías se dedican a buscar ciertos minerales de interés, por ejemplo, el oro y plata es extraído por capital canadiense (Goldcorp, Barrick) o estadounidense y otros tipos de mineral son extraídos con la inversión de capital estadounidense (principalmente Freeport Macmoran, Copper y Gold) (Delgado, 2010).

La participación de empresas extranjeras en el territorio mexicano se ha llevado a cabo a través de las diferentes modificaciones legales y reglamentarias de la constitución política de México. Una de las principales leyes en el tema es la de inversión y participación plena de activos extranjeros, dentro de la Ley General de Inversión Extranjera, la cual señala en su artículo 4, capítulo 1, que:

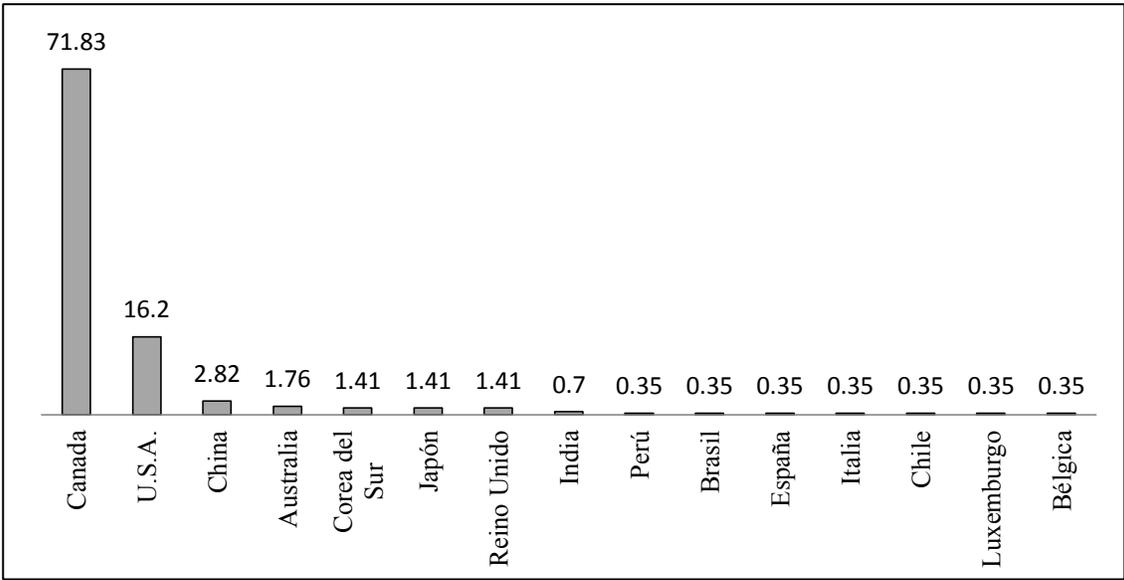
La inversión extranjera podrá participar en cualquier proporción en el capital social de sociedades mexicanas, adquirir activos fijos, ingresar a nuevos campos de actividad económica o fabricar nuevas líneas de productos, abrir y operar establecimientos, y ampliar o relocalizar los ya existentes, salvo por lo dispuesto en esta Ley.

Esta ley de inversión extranjera es una más en la lista que conforma los conjuntos legales de México. La principal es la Ley Minera, decretada en 1992 (vigente), apoyada por diferentes leyes secundarias y primarias, destacando la Ley General de Bienes Nacionales, la Ley Agraria, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley Federal de Derechos, y la Ley de Inversión Extranjera y el Código Civil, sin olvidar los reglamentos adjuntos respectivamente (López y Eslava, 2011).

En los últimos años, el tema sobre minería ha propiciado diferentes debates nacionales en los que se plantean cambios importantes a la constitución y las políticas económicas del país. Uno de los más recientes ocurrió a principios de 2013, en él, se discutieron temas

acerca de la contribución económica del sector minero a poblaciones afectadas por dicha actividad (Cárdenas, 2013; La jornada, 2013).

Las diferentes modificaciones realizadas veinte años atrás, incentivan la participación extranjera en el sector. Compañías canadienses, estadounidenses, australianas, chinas y de otros países (ver gráfica 2) obtienen ganancias por la extracción de minerales (Cárdenas, 2013). En México, sólo existen dos corporaciones mineras nacionales con gran participación en el sector: Grupo México y Peñoles (figura 6) (Tetreault, 2012).



Gráficas 2: Porcentajes de participación extranjera en el territorio mexicano. Elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía (2012).

En el reporte oficial de la Secretaría de Economía (mayo de 2010) se refleja un total de 26,559 concesiones mineras, las cuales representan la ocupación de un total de 27.1 millones de hectáreas en superficie, el 13.8% del territorio nacional (Cárdenas, 2013; Secretaría de Economía, 2012). Los proyectos mineros con extracción de metales se localizan en veintiséis de los treinta y un estados de la república, aunque se concentran principalmente en seis: Sonora, con 203 proyectos, seguido de Chihuahua con 121, Durango con 96, Sinaloa con 86, Zacatecas con 66 y Jalisco, con 60 proyectos mineros. Cabe mencionar que también existen otros proyectos importantes en la producción de oro y

plata en los estados de Guerrero, San Luis Potosí y Estado de México (Secretaría de Economía, 2012).

El informe presentado por la Secretaría de Economía en 2010 ubica a México en el cuarto lugar de los destinos más importantes para la inversión minera a nivel mundial, y el primero en América Latina. La dependencia gubernamental reporta 4,400 millones de dólares invertidos en la minería mexicana en el año 2010, de los cuales 2,070 millones provinieron del capital extranjero (figura 6). Las grandes corporaciones mineras aportan 84.1% de la producción minero-metalúrgica en el país, comparado con la pequeña minería que aporta el 2.9%, principalmente oro y plata (González y Camprubí, 2010).



Figura 6: Principales corporaciones extranjeras y nacionales asentadas en México. Elaboración propia.

1.4- Las Presas de Jales en México

Los jales son residuos mineros que se obtienen del proceso de beneficio de los metales, finas partículas de roca procesadas, mezcladas con sustancias químicas como el cianuro, mercurio, plomo y zinc.

En México, la minería es una de las actividades económicas por tradición, ha producido por siglos la acumulación de residuos mineros (Moreno *et al.*, 2012). Las presas de jales son un problema de contaminación desde hace muchos años. Se generan millones de toneladas de residuos mineros que provocan un sin número de áreas potencialmente contaminadas que representan un riesgo para las poblaciones aledañas y un peligro ambiental (Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2007; Ramos-Arroyo y Siebe-Grabach, 2006). Por tal motivo, los depósitos de jales constituyen un elemento persistente después del cierre de la actividad minera y concentran sustancias nocivas para la población y el ambiente. Esto ha impulsado a que las autoridades competentes establezcan algunas Normas Oficiales sobre el manejo de residuos mineros. La Norma oficial mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, establece el procedimiento para caracterizar los jales, los procedimientos de manejos y las especificaciones en la preparación del terreno.

El documento de SEMARNAT (2003), identifica posibles causas de accidentes en presas de jales, por ejemplo: lluvias extraordinarias que pudieran ocasionar el deslave de los depósitos mineros; falla de la presa a causa de sismos; destrucción de la presa a causa de los desbordes de los ríos, falta de mantenimiento o subsidencia (hundimientos); altos regímenes de filtraciones; contaminación hídrica (acuíferos y cuerpos de aguas cercanos); y dispersión eólica de sus agregados.

A continuación el cuadro 1 muestra los accidentes mineros en México relacionados con las presas de jales y sus posibles detonantes en los últimos 40 años.

Nombre de la Mina	Estado	Año	Distancia afectada	Cantidad derramada	Detonantes	Observación
			Km	Toneladas		
La Negra	Querétaro	1987	10	1,500	Lluvias extremas	Río y arroyo cercano
Las Torres	Guanajuato	1988	15	1,000	Error de cálculo en la construcción de la presa	
Cuale	Colima	1990	50	2,000	Lluvias extremas	
El Monte	Hidalgo	1992	12	250	Hundimiento de alcantarillas	
Las Torres	Guanajuato	1993	5	250	Mal sellado	
Peña Colorada	Colima	1995	-	-	Sismo	
Santa Fe	Guanajuato	1996	-	-	Rotura de vaso	
Compañía Bacis/falta nombre de la mina	Durango	1996	-	-	Flujo interno de agua	
La Negra	Querétaro	1996	4	50	Lluvias extremas	Río y arroyo cercano
La Negra	Querétaro	1997	10	750	Lluvias extremas	
Villa de la Paz	San Luis Potosí	1997			Ruptura de conducto	
Bolañitos	Guanajuato	2000		200	Falta de mantenimiento	
Rey de Plata	Guerrero	2001	5	100	Falta de mantenimiento	Río y arroyo cercano
Autlán	Hidalgo	2003	1	0.4	Colapso de bordo	
La María	Sonora	2008	-	-	Desbordamiento	
Bolaños	Jalisco	2010	Sin determinar	2,000	Colapso de bordo	Río y arroyo cercano
Buenavista del Cobre	Sonora	2015	276	-	Fuga en la represa de líquidos	Río y arroyo cercano

Cuadro 1: Historial de accidentes importantes ocasionados por los depósitos de jales, COFEMER.

En el cuadro anterior se debe destacar las toneladas de material removido y las distancias de recorrido a causa de agentes externos, principalmente a causa de eventos climáticos, abandono de la presa de jales y una incorrecta planeación en la construcción. La afectación

aumenta cuando los residuos mineros convergen en algún río, arroyo o cuerpo de agua cercano (Choi y Hyeong-Dong , 2008). La última afectación producida por estos procesos mineros ocurrió en la minera Buenavista del cobre, concesión perteneciente a la compañía Grupo México (cuadro 1).

Por su parte, el agua y el viento son de los principales factores que están asociados a la generación de peligro en los jales, esto se debe a la creación de drenaje ácido y la dispersión en el ambiente. Este tipo de residuos representan un peligro ambiental que requiere propuestas de control y mitigación para reducir sus efectos (Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2007; O-Villanueva *et al.*, 2013) y supone uno de los mayores riesgos ambientales asociados a la minería (Canet y Camprubí, 2006).

2.- LOS ELEMENTOS DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área concesionada para el proyecto de Angangueo tiene una superficie de 5,983 ha, se localiza en el municipio del mismo nombre, al oriente del Estado de Michoacán, entre las coordenadas extremas de 19° 37' 00" de latitud norte, y a 100° 17' 00" de longitud oeste. Los municipios colindantes más próximos son; al norte, Senguio, al sur, Ocampo y al oeste, Aporo; y al este, San José del Rincón (figura 7).

Las antiguas instalaciones del proyecto minero se ubican dentro del área de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y forman parte de la localidad mineral de Angangueo. Debido al crecimiento urbano en los últimos veinte años, las antiguas instalaciones mineras (planta beneficio, presa de jales, entrada a la mina) son ahora parte de la infraestructura de la cabecera municipal.

Por otro lado, el segundo caso de estudio se localiza al suroeste del Estado de México, principalmente en los municipios de Temascaltepec, Valle de Bravo y San Simón de Guerrero. Las coordenadas de las instalaciones actuales son 100° 04' 43" W y 19° 03' 25"N (figura 7). La superficie de la concesión es de 39,714 ha, incluidas las cabeceras municipales de Temascaltepec y San Simón de Guerrero.

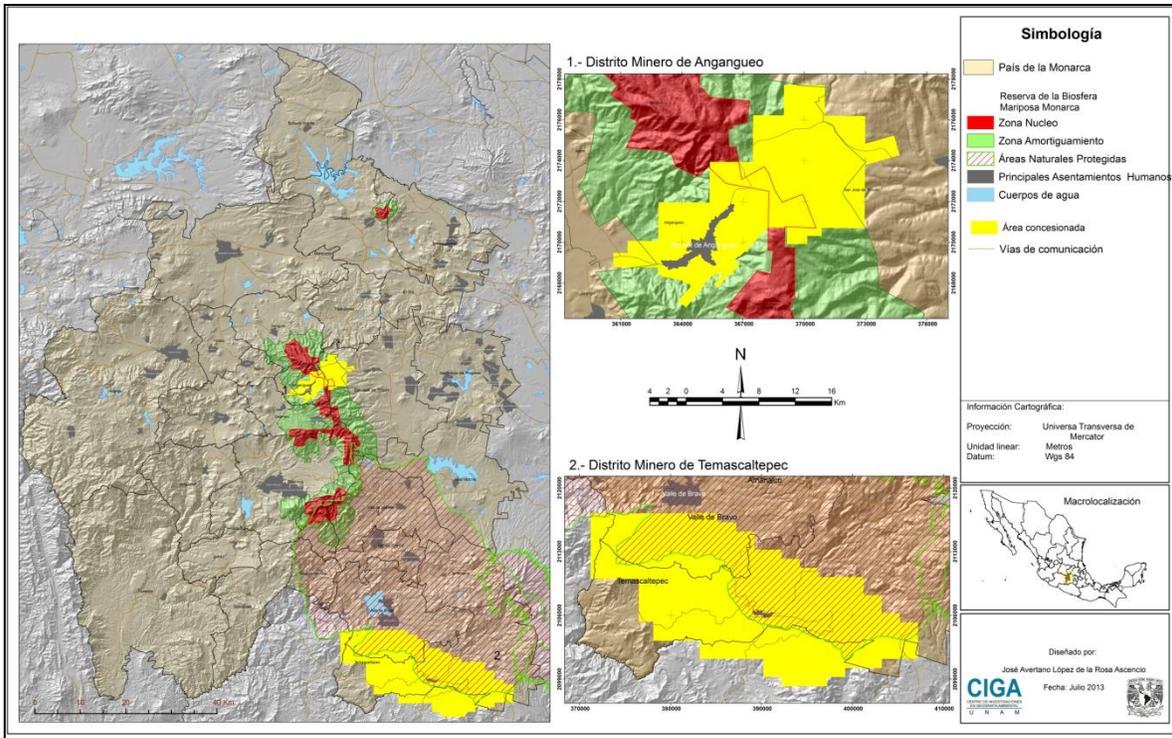


Figura 7: Ubicación de los distritos mineros de Angangueo y Temascaltepec.

2.1.- Aspectos biofísicos

Relieve

Ambos distritos mineros pertenecen a la provincia fisiográfica Cinturón Transversal Mexicano, delimitada al extremo norte por la Altiplanicie Mexicana, y al sur por la Depresión del Balsas (Carranza *et al.*, 2010). Las altitudes próximas al enclave minero de Angangueo son a partir de los 295 a los 3,640 msnm. Las elevaciones que más destacan son los cerros Altamirano (3,320 msnm), El Campanario a (3,640 msnm) y El Mirador (3,340 msnm), pertenecientes al corredor Sierra Chincua-Campanario-Chivati-Huacal (Carranza *et al.*, 2010). Respecto al distrito de Temascaltepec, se localizan los cerros Pelón (3,500 msnm), Cacique (3,300 msnm), Piloncillo (3,300 msnm) y la Palma (3,300 msnm) entre los más representativos. Es importante mencionar la cercanía que tiene el área concesionada con el Nevado de Toluca (figura 8).

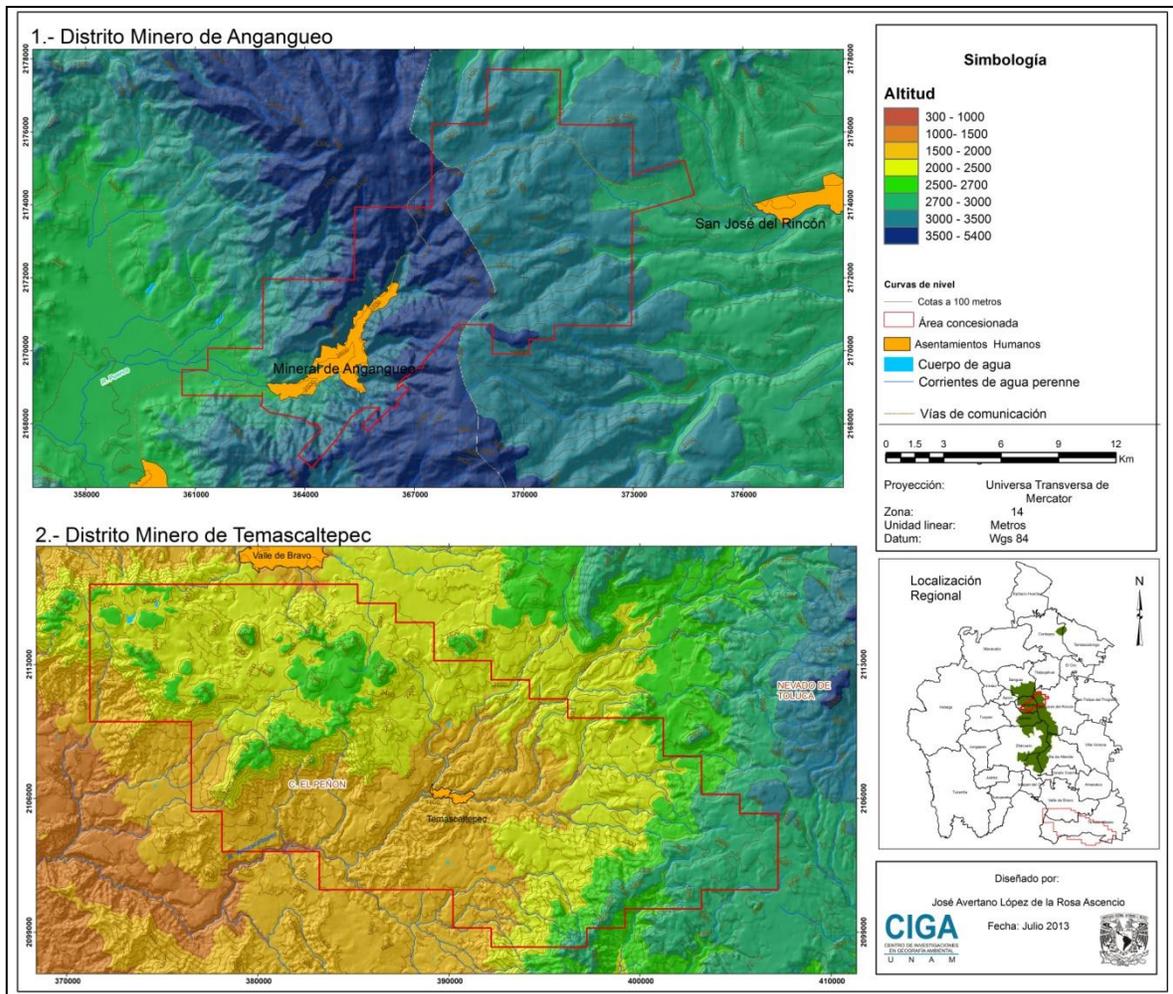


Figura 8: Rangos altitudinales en los distritos mineros de Angangueo y Temascaltepec.

Geología, litología y fallas

En un contexto general, las bases litológicas del País de la Monarca están compuestas por complejos procesos técnicos- volcánicos que iniciaron erupción en el periodo Terciario. En el área se pueden encontrar rocas basálticas y andesíticas, entre las más abundantes (Servicio Geológico Mexicano, 1998).

En Angangueo, el paisaje geomorfológico está conformado por conos volcánicos, huellas de derrames lávicos, depósitos de brechas volcánicas y cenizas. La orografía del lugar está constituida por rocas volcánicas (rocas ígneas extrusivas intermedias, combinadas con fragmentos de roca andesítica) del periodo Terciario, y las cubiertas por cadenas

metamórficas y sedimentos del Mesozoico, mismas que están sujetas a una intensa erosión fluvial que modelan fuertes pendientes disectadas (Industrial Minera México, 2005).

La veta del distrito minero de Angangueo comprende una extensión de 35 km². El yacimiento mineral es de proceso epitermal, también conocido como hidrotermal, consistente en grietas producidas por agua caliente a través de la roca. La mineralización está desarrollada en rocas ígneas, catalogadas como ricas de mineral en forma tipo lenticular. Los metales con principal valor son el cobre y la plata, que presentan minerales tales como: pirargirita, proustita, galena argentífera, esfalerita, calcopirita, tetrahedrita, pirita, marcasita y arsenopirita (Grupo de México, 2013).

En el distrito de Temascaltepec las montañas tienen un basamento del periodo jurásico. Afloran diferentes intrusiones que tienen origen en la época del Eoceno al Oligoceno, principalmente de granitos (cerro el Peñón). La zona está asociada a fallas producidas por el proceso tectónico durante la época mencionada. Una evidencia de esto es el cauce del río Temascaltepec (afluente importante del área) (Camprubí, 2003; Clark *et al.*, 2010).

En el interior del distrito minero de Temascaltepec existen diversas vetas mineralizadas que contienen oro (Au) y plata (Ag) de origen epitermal de baja sulfuración (BS). Las tres principales zonas son: El Coloso-Nazareno, La Guitarra, y la Mina de Agua El Rincón, mismas que llegan a alcanzar longitudes de más de 15 km por 4 km de ancho.

Clima

Los Estados de Michoacán y Estado de México están localizados en la franja intertropical. La zona presenta temperaturas constantes con presencia de humedad relativa y lluvias durante el año. Por ello, el País de la Monarca se encuentra dentro de los climas subhúmedo (clasificación de Köppen modificado por García, 1964), destaca el semicálido, templado y el semifrío, con presencias de lluvias en la estación de verano no mayores a los 1,300 mm anuales. La temperatura promedio oscila entre los 5°C y 22°C; y los meses de diciembre y enero presentan las más bajas temperaturas (La Guitarra Compañía Minería, 2011).

Grupos de suelos

Los suelos de la región están desarrollados sobre material volcánico como ceniza, vidrios y coladas de lava. Los grupos de suelos más importantes dentro de los enclaves mineros son Andosol y Luvisol en Angangueo. En Temascaltepec se puede encontrar Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Regosol y Andosol (figura 9). Los grupos de suelos antes mencionados son potencialmente ricos para el desarrollo del uso de la tierra forestal o agropecuaria. Actualmente, están cubiertos por bosques de pino, encino, oyamel y agricultura de temporal.

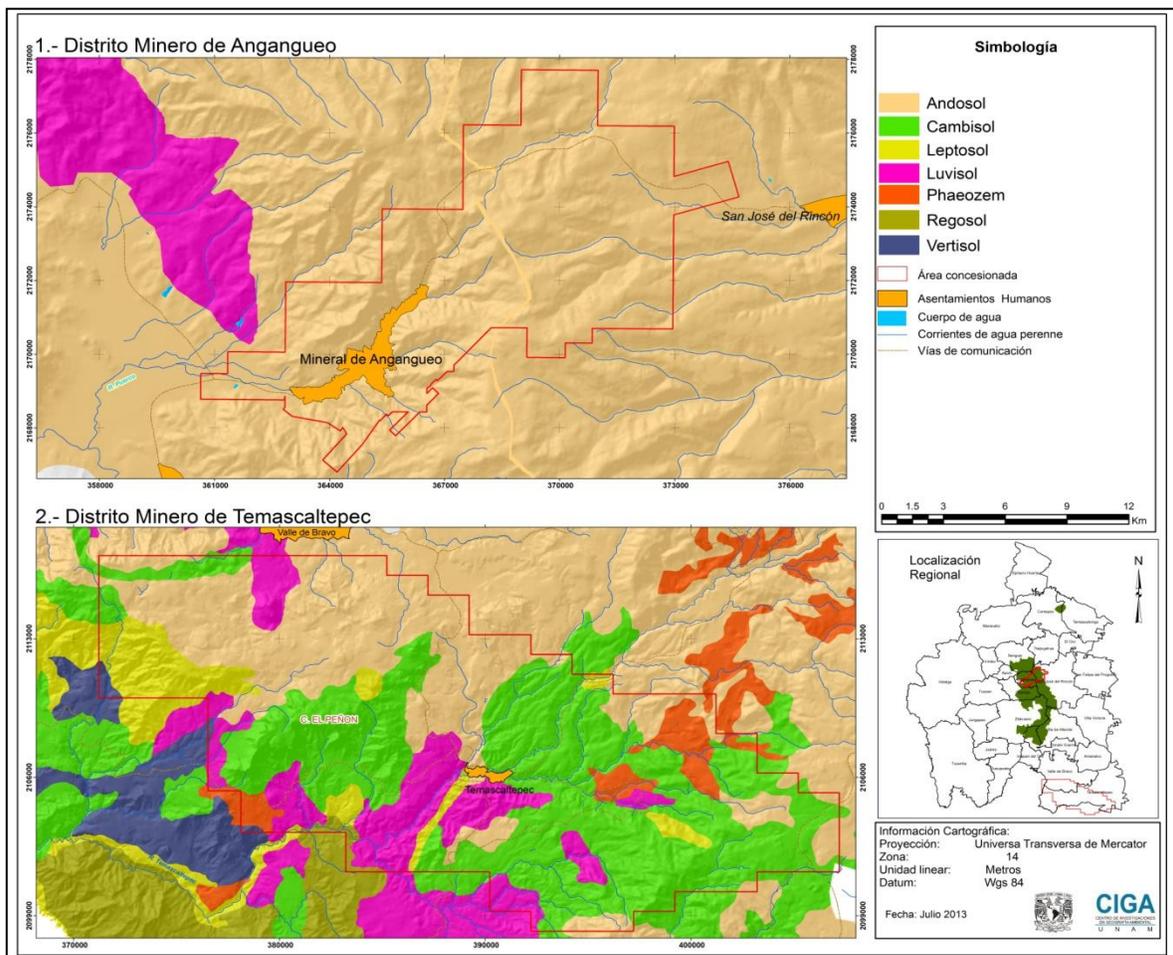


Figura 9: Grupos de suelo de los enclaves mineros de Angangueo y Temascaltepec.

Las propiedades físicas y químicas de los grupos de suelo indican que son frágiles y fáciles de degradar en contacto con nuevos agentes externos, susceptibles al intemperismo (Ersoy *et al.*, 2004).

Hidrografía

La hidrología superficial es de los principales elementos en la modelación del paisaje de la región monarca. Los escurrimientos derraman sus aguas hacia el océano Pacífico. El País de la Monarca comparte dos importantes regiones hidrológicas: al norte se ubica la Lerma-Santiago (N° 12) y al sur la del Balsas (N°18) con escurrimientos superficiales de tipo exorreicos.

Son escasos los estudios referentes a la dirección de flujo del agua subterránea, por lo tanto, se desconoce a detalle las direcciones y funcionalidades de los escurrimientos; sin embargo, una de las características de la zona es la alta permeabilidad, que permite la infiltración del agua de lluvia de forma rápida. La combinación de diferentes factores como orografía, predominio de fuertes pendientes y la permeabilidad de los suelos, hacen una zona de captación pluvial y recarga de acuíferos, importantes para la región (Cabello *et al.*, 2008; Industrial Minera México, 2005).

El cauce de los principales escurrimientos circundantes a las instalaciones mineras de Angangueo es delimitado por la subcuenca Tuxpan, con dirección de sur-oeste (figura 10). El río Puerco es el afluente principal cercano al área de Angangueo, sus escurrimientos se originan desde la sierra Chincua, descendiendo por sus laderas, hasta llegar a cruzar la localidad mineral de Angangueo. Por sus cercanías a instalaciones mineras y asentamientos humanos, en la actualidad se encuentra contaminado.

Aunado a lo anterior, existe escasez de depósitos aluviales, lo cual indica la etapa de juventud en la que se encuentra el río. Estas condiciones producen alta permeabilidad, por lo que las corrientes superficiales se encuentran poco desarrolladas (poco gasto de agua). Los pocos arroyos que son tributarios del cauce principal hacen que sea una corriente de tercer orden. Para cubrir las necesidades, los habitantes en la zona se abastecen de agua en los arroyos cercanos a sus viviendas o localidades.

Respecto a Temascaltepec, la principal subcuenca es Temascal, que desciende de las estribaciones del nevado de Toluca con dirección oeste. El río Temascaltepec es un afluente de quinto orden y es el más importante del distrito minero del mismo nombre. El escurrimiento lleva una dirección noreste-suroeste, comenzando en las estribaciones del volcán Nevado de Toluca. Durante su recorrido hacia zonas con menor pendiente va recibiendo recargas de arroyos intermitentes y perennes; asimismo, toma descargas de aguas residuales de localidades próximas al cauce, principalmente de las cabeceras municipales (figura 10).

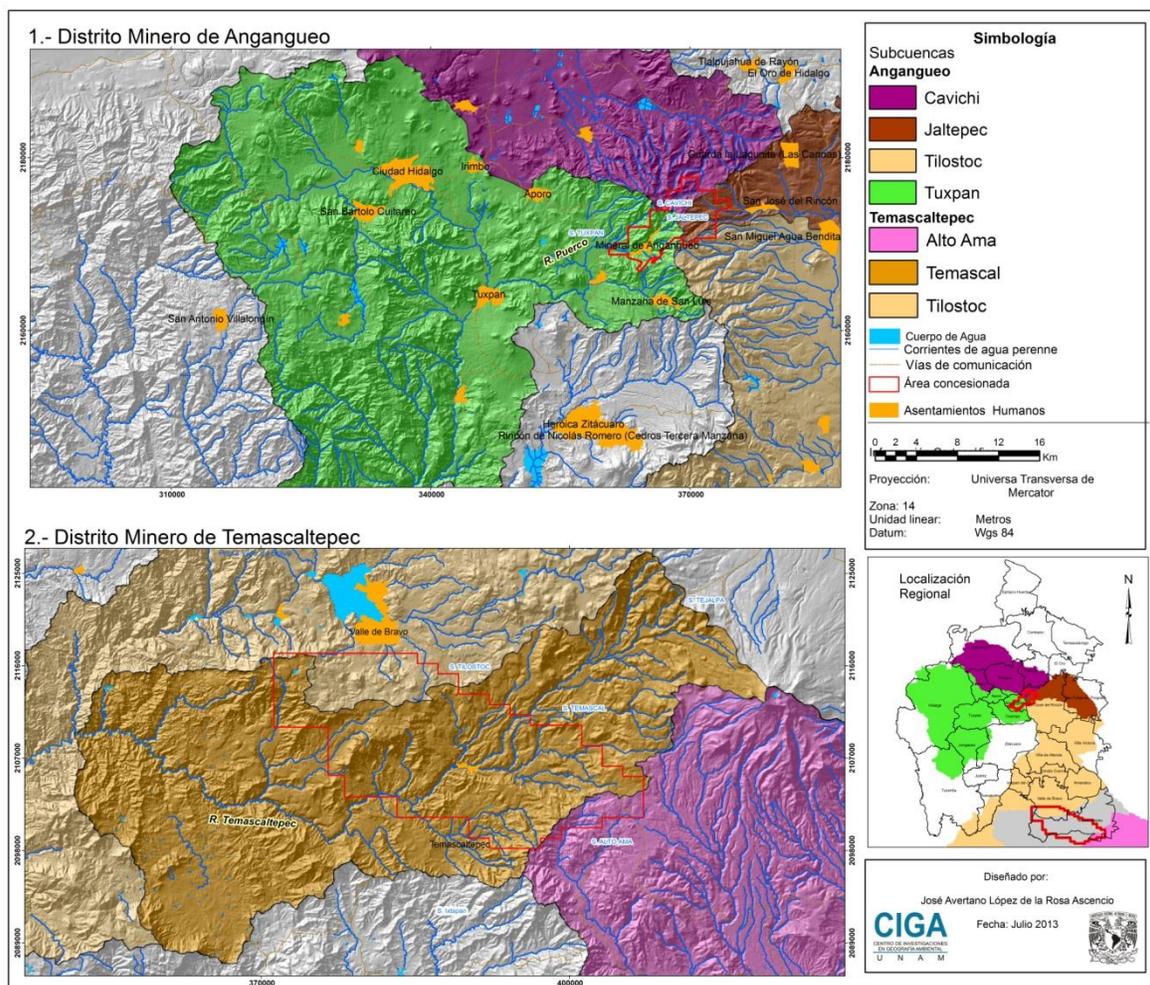


Figura 10: Rasgos hidrológicos de las respectivas áreas concesionadas.

2.2.- Aspectos sociodemográficos y económicos

Historia de los enclaves mineros

Angangueo

La historia del pueblo Mineral de Angangueo es construida casi a la par de la zona de Temascaltepec, su inicio se estableció a partir del colonialismo del siglo XVI; Sin embargo, la zona destacó hasta el siglo XVIII a causa de una demanda laboral para la mina, lo cual duraría casi todo un siglo. El declive del mineral comenzó en las primeras décadas del siglo XIX a causa de la lucha por la independencia, pero en 1948, con la llegada de nuevas empresas mineras como la *American Smelting y Refining Co.*, (ASARCO) y la Impulsora Minera de Angangueo en 1954, comenzó una nueva etapa de auge. Finalmente, los problemas laborales y falta de recursos para la compra de nueva maquinaria fueron las principales causas del cierre definitivo en 1991 (Pérez, 2010; Rojas, 2012; Uribe, 2001).

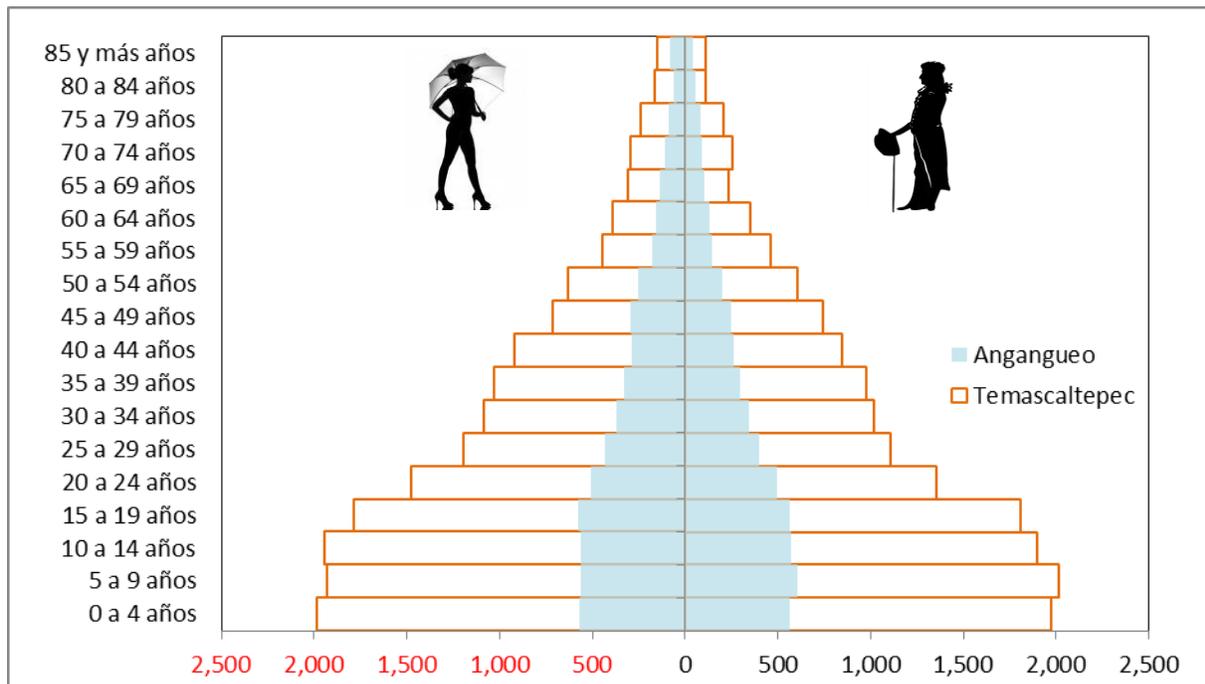
Temascaltepec

La zona de Temascaltepec ya explotaba yacimientos de oro y plata en el año 1555, destacando la Mina de Agua y el Real de Arriba entre las más prominentes. En el siglo XVIII esta región fue importante productora de plata en México, actividad que generaba aproximadamente el 10% de la riqueza minera. En 1810, una época clave en la historia de México que provocó inestabilidad en las zonas mineras, la actividad de extracción se encontraba en una fase inactiva. A principios del siglo XX se intentó una reactivación en la zona, sin embargo, todavía la minería no tenía estabilidad, lo que ocasionó nuevamente el cierre en el año 1940 bajo el argumento de la falta de inversión. A pesar de todo, entre los años 1970 y 1980 la compañía Tormes S.A. y la compañía Fresnillo S.A. de C.V exploraron la zona de La Guitarra, realizando un extenso programa de barrenación, lo que dio comienzo a una nueva etapa (Camprubí, 2003; Clark *et al.*, 2010).

Población

La población total del municipio de Angangueo reportada en 2010, asciende a 10,768 habitantes, con una ligera predominancia de mujeres (5,546 mujeres y 5,177 hombres). El 70% de los habitantes se encuentra entre los rangos de edad entre los 0 y 34 años, mientras que se reportan pocos habitantes de la tercera edad, es decir, de 65 años y más (INEGI, 2010).

En el distrito minero de Temascaltepec, los centros de poblaciones más importantes dentro de las concesiones corresponden a las cabeceras municipales. El municipio de Temascaltepec reportó en el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2010 una población total de 33,183 habitantes (16,291 hombres y 16,886 mujeres) donde la mayoría corresponde a población joven, es decir, dentro del rango de 0 a 29 años de edad (gráfica 3).



Gráficas 3: Pirámide poblacional de los municipios de Angangueo y Temascaltepec. Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

En los anteriores municipios se identifica población joven en edad laboral. Los habitantes cercanos a los enclaves mineros padecen un índice de marginación³ medio a alto (INEGI, 2010).

Población Económicamente Activa (PEA)

La población económicamente activa del área de estudio está desarrollando actividades del sector secundario y terciario por arriba de la media. Trabajos orientados a la recreación, prestación de servicios y turismo son de los más identificados. Una de las causas es la cercanía a las zonas de hibernación de la mariposa monarca, donde se destacan servicios de hoteles, cabañas, tiendas de servicio, y actividades ecoturísticas (INEGI, 2000). En lo que respecta a la población dedicada a la actividad minera, los habitantes de Temascaltepec apenas representan el 3% de la fuerza laboral minera del Estado de México, mientras que los de Angangueo apenas superan el 8% del estado de Michoacán. Esta poca incidencia ha provocado el abandono en el sector (cuadro 2) (INEGI, 2000).

Sector de actividad	Estado de México	Municipio de Temascaltepec	Michoacán	Municipio de Angangueo
Primario	232,448	3,835	290,721	415
Minería	6,222	144	2,291	189
Secundario	1,391,402	1,126	304,818	1,019
Terciario	2,657,045	1,713	598,751	1,006
No especificado	181,466	255	32,316	44

Cuadro 2: Población económicamente activa por sectores de actividad en el año 2000. Elaboración propia.

La fuerza laboral de la zona tiende a emigrar por la falta de oportunidades. Estados Unidos es el principal receptor, seguido de Estados fronterizos como Chihuahua, Tamaulipas, Baja California. La presencia de la actividad minera, en ambos casos, no ha cubierto la demanda laboral correspondiente.

³ INEGI y el Consejo Nacional de Población (CONAPO) miden la marginación considerando 10 variables socioeconómicas, donde destaca educación, vivienda y bienes materiales.

Tenencia de la tierra

Los ejidos y comunidades juegan un papel importante en la cadena de negociaciones antes de comenzar el proyecto minero. La empresa busca la autorización para entrar a las propiedades por los medios “legales”; Sin embargo, la mayoría de los acuerdos son ventajosos para la compañía minera (pagos mínimos al propietario por sus tierras), provocando una ruptura en las negociaciones entre ambas partes (Garibay, 2010; Garibay *et al.*, 2011).

El distrito Mineral de Angangueo comparte límites con diferentes ejidos entre los que destacan Angangueo, El Rosario y Ocampo. En Angangueo se localizan parte de las antiguas instalaciones mineras (planta beneficio, presa de jales y tepetatera). En el predio el Rosario se puede identificar las bodegas conocidas como el polvorín destinadas almacenar pólvora; mientras que en el ejido de Ocampo se localiza parte de la veta conocida como “descubridora” (figura 11).

La tenencia de la tierra en el enclave minero de Temascaltepec se encuentra en negociación para adquirir los terrenos de explotación. Los ejidos Godines - Tehuastepec y Francisco la Albarradas son importantes en el enclave minero pues en ellos se desarrollarán las instalaciones de explotación y beneficio de los minerales. El 60 % del área concesionada no tiene definido el límite del predio (figura 11).

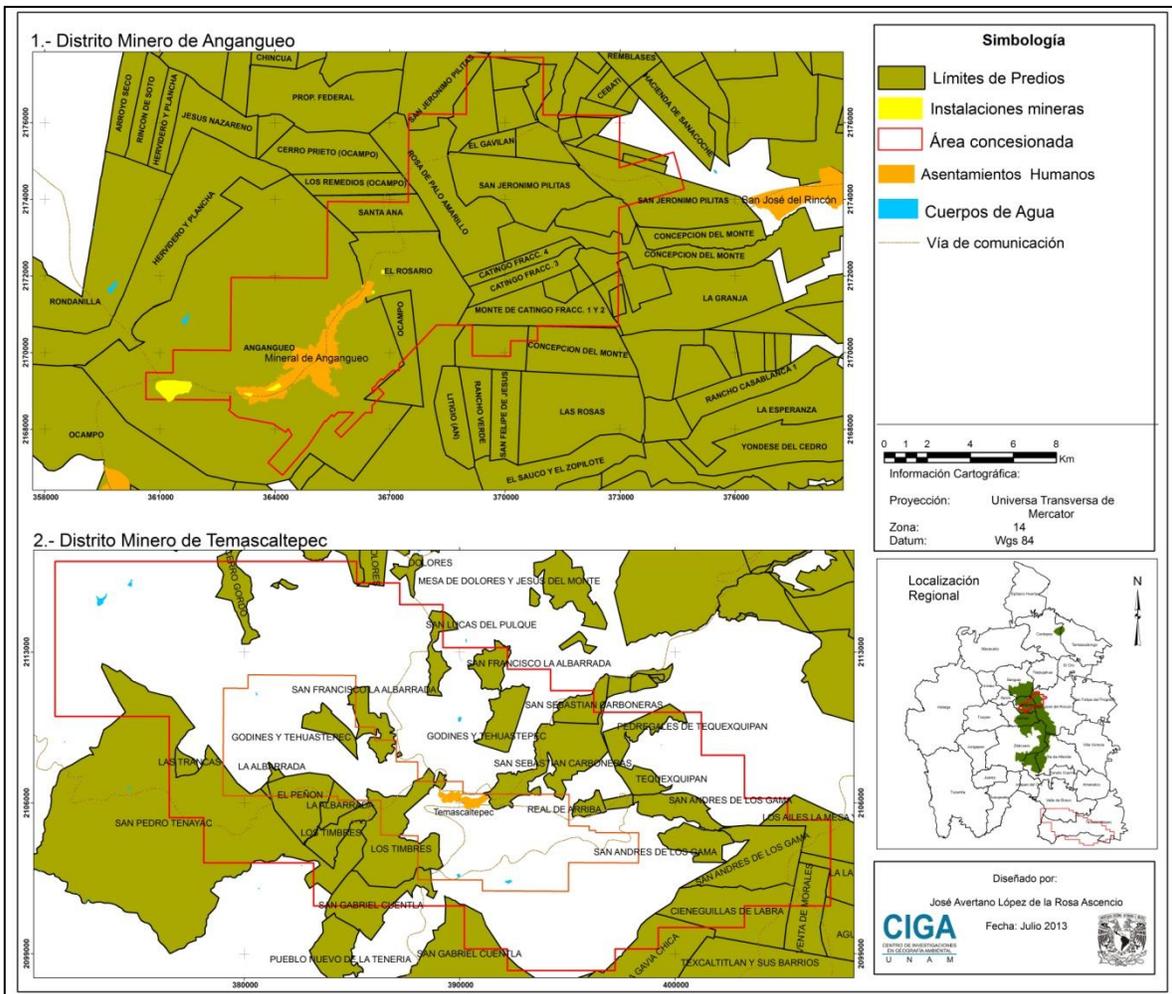


Figura 11: Límites de predios en los diferentes enclaves mineros.

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada para llegar a los resultados se estableció a partir de un bosquejo en diferentes fuentes electrónicas e impresas. La búsqueda bibliográfica fue minuciosa. Por otro lado, la información estadística utilizada se obtuvo principalmente de las bases de datos de INEGI (2010) y las variables climatológicas (precipitación y temperaturas) de CONAGUA.

Se recopiló de información cartográfica de INEGI, CONABIO y UNAM, actualizada según sus bases de datos. Se tomó como base de análisis la escala cartográfica 1: 250 000, con ventanas 1:50 000. Con la información documental, cartográfica y estadística previamente depurada y organizada, se dio paso a la recopilación de la información en campo.

Información en campo

Primera parte

La realización del trabajo de campo consistió en una primera salida en agosto de 2011, con el objetivo de explorar el área; principalmente observación. Después se realizó la integración de la información en gabinete y los puntos principales fueron la caracterización de la zona por medio de muestreo y observaciones con puntos GPS y fotografías oblicuas. En la primera visita se hizo una aproximación con pobladores cercanos al proyecto minero, con la finalidad de conocer sus diferentes puntos de vista respecto a las operaciones de la actividad minera en la zona.

Segunda parte

Para la validación de los resultados obtenidos en gabinete se necesitó de una segunda salida a campo para la corroboración de los datos preliminares. A continuación se detalla el tipo de información espacial a verificar.

- Caracterización de las zonas en instalaciones mineras. Por las restricciones que colocan las corporaciones mineras sólo se llegó a sitios específicos como terreros, presa de jales e instalaciones antiguas.
- El mapa de uso de suelo y vegetación se verificó en sitios próximos a las instalaciones mineras, corroborando puntos al azar, seleccionados previamente en gabinete.
- En la verificación de los mapas de cuencas de visibilidad del paisaje fue necesario llegar a las áreas donde los resultados arrojaban zonas con grado de visibilidad dentro del radio de 6 km, y de esta manera determinar e indicar las áreas donde está más expuesto el proyecto minero.
- Mapa topográfico. Se caracterizó el relieve próximo (*in situ*) con apoyo de una brújula, clisímetro y GPS.
- La validación del mapa multicriterio consistió en llegar a zonas con alto valor de conservación y áreas con menor valor de conservación (áreas donde se practican actividades económicas).

Con los ajustes espaciales y documentales se pudieron analizar los posibles escenarios ambientales derivados de la actividad minera.

Materiales

Datos espaciales

INEGI

1. Cartas Topográficas Digitales (Cuadrantes E14A25, E14A26, E14A46, E14A47, E14A56, E14A57), escala 1:50 000.
2. Conjuntos vectoriales (Cuadrantes E14A25, E14A26, E14A46, E14A47, E14A56, E14A57), escala 1:50 000.
3. Continúo de Elevación (Modelo Digital de Elevación), escala 1:50 000.
4. Marco Geoestadístico Estatal y Municipal (2010), escala 1: 250 000.
5. Edafología serie II, escala 1:250 000
6. Conjuntos vectoriales de localidades rurales y urbanas (2010).

SGM- Secretaría de Economía

1. Cartas Geológicas Digitales (Cuadrante E14A26, E14A46), escala 1:50 000.
2. Cartas Geológicas Digitales (E14-1, E14-2), escala 1:250 000.
3. Sitios de Exploración y Explotación Mineras.

CONANP

1. Límites de Áreas Naturales Protegidas (Federales, Estatal y Municipal).

CONAGUA

1. Estaciones climatológicas (Datos de precipitación y temperatura).
2. Límites superficiales de acuíferos.

CONABIO

1. Regiones Terrestres e hidrológicas prioritarias.

Corporación Minera (Silvermex y Grupo México)

1. Ubicación de instalaciones Mineras y datos técnicos de los respectivos proyectos mineros. Las escalas cartográficas de trabajo empleada en el estudio fueron de 1: 5 000 y 1: 10 000.

UNAM (Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental)

1. Uso de suelo y vegetación (2012) escala 1:250 000 (en construcción)
2. Uso de suelo y vegetación (2012) escala 1:75 000 (en construcción)

La información espacial recopilada fue homogenizada en una proyección plana, Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 14, datum Wgs 84, manejados en el Sistemas de Información Geográfica ArcGis 9.3. Para las verificaciones en campo se utilizaron GPS, brújulas y un clisímetro; también se utilizó una cámara fotográfica para la documentación y caracterización de la zona de estudio. A continuación se muestra una síntesis de la metodología antes descrita (figura 12).

En la figura 12 se presenta, un esquema de la metodología general descrita anteriormente.

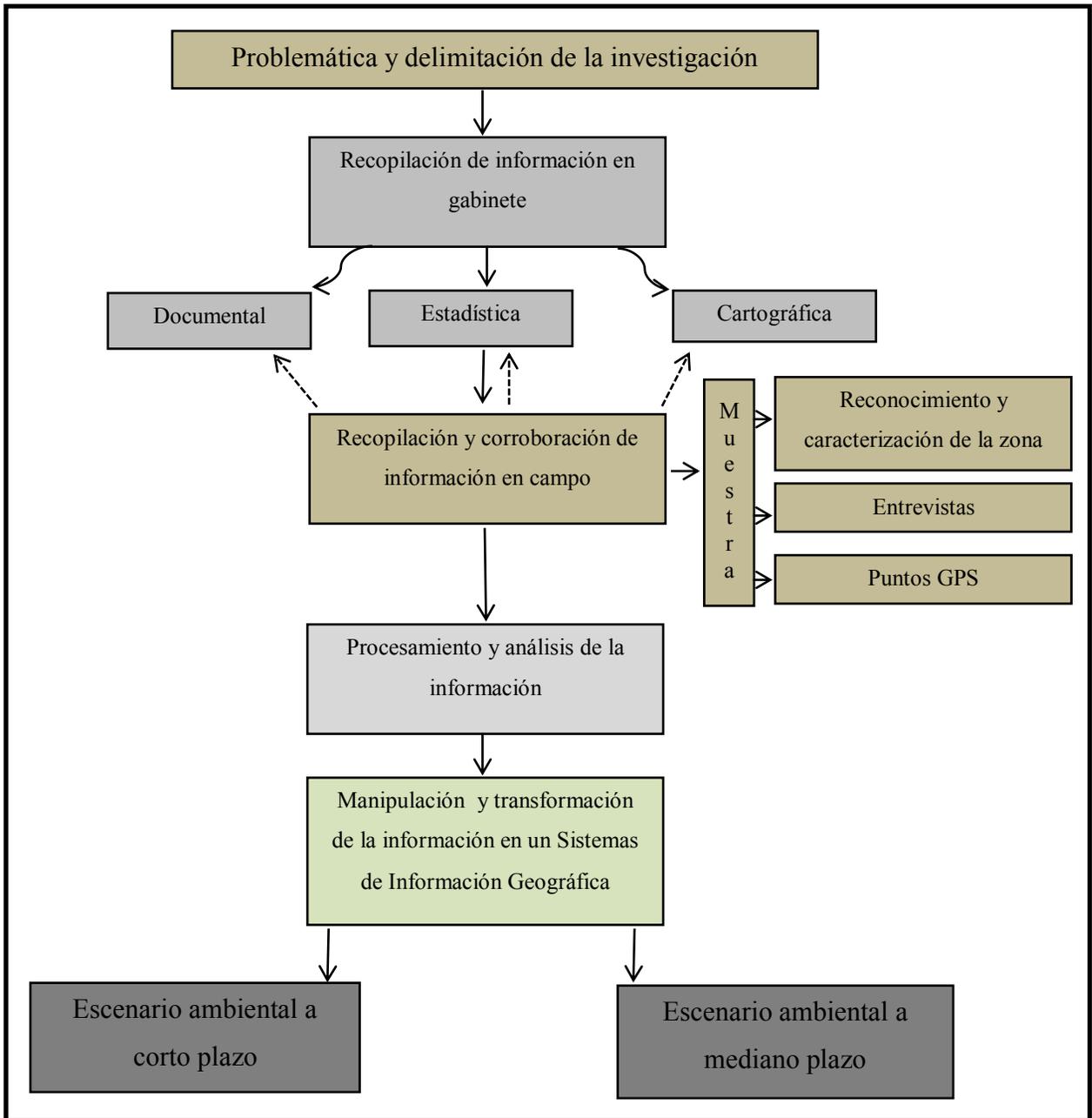


Figura 12: Esquema general del proceso metodológico. Elaboración propia.

MÉTODO

3.1.- LETOPID

LETOPID (*Landscape Evaluation Tool for Open Pit Mine Design*) fue empleado y desarrollado por el laboratorio tecnológico de minería y medio ambiente de Atenas, Grecia. Está basado en dos análisis indispensables: primero la alteración al relieve; segundo, la alteración al paisaje de forma visual (Menegaki y Kaliampakos, 2011).

Como ya se mencionó anteriormente, ambos distritos mineros emplearan técnicas de extracción diferentes. Por ello se determinó analizar de forma visual a la presa de jales con el objetivo de tener una comparación. A continuación se describen sus respectivas fórmulas:

Sensibilidad visual

El análisis de la sensibilidad visual (SV) o cuencas de visibilidad se realiza por medio de Sistemas de Información Geográfica, basando en el principio de intervisibilidad, lo que indica que si un punto A puede ver un punto B, entonces el punto B también puede ver al punto A. Para este procedimiento es necesario delimitar un radio de alcance visual⁴, el método sugiere una distancia aproximadamente 8 km, sin embargo para este estudio se consideraron aspectos particulares tales como orografía y cubiertas del terreno, lo que permitió establecer un radio de 6 km (distancia óptima dentro de los límites mineros).

La cuenca de visibilidad se calcula a partir del centro del objeto de intereses, por ejemplo, tajo, presa de jales o instalaciones de beneficio. Para agregar un valor a las zonas de visibilidad, el método LETOPID establece agregar 0 y 1, donde el valor 0 será la zona de la mina que no es visible desde el punto del observador, y el valor 1 será asignado cuando el espectador de un punto específico es capaz de visualizar la mina (figura 13).

⁴ Teóricamente, el alcance visual se entiende como la capacidad del ojo humano de distinguir un objeto a cierta distancia. El análisis de Molina *et al.* (2001) determina lo siguiente: el ojo humano no distingue objetos menores de 1.75 mm a una distancia de 6 metros; por lo que para el análisis de cuenca de visibilidad estableció un radio de 10 km para distinguir objetos mínimos de 2.90 m.

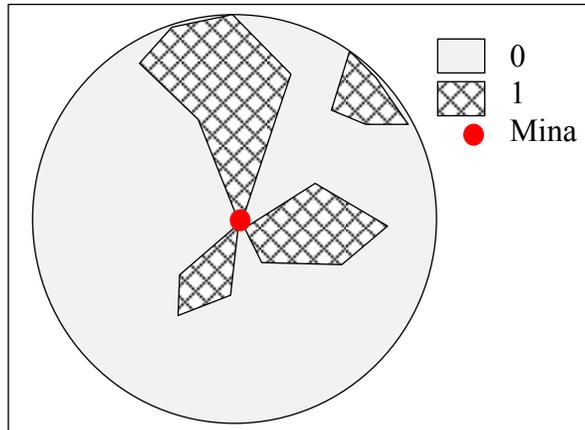


Figura 13: Cuenca de visibilidad. Elaboración propia

Se expresa con la siguiente fórmula:

Características de observación (CO)

$$CO (\%) = \frac{\sum_i^v Vi}{V_{\max}} \times 100 = \frac{\sum_i^v pvi \times pdi \times pli}{V_{\max}} \times 100$$

donde;

pvi = el número de celdas⁵ visto desde el punto de excavación observación, para el número total de las celdas de excavación calculada a partir del mapa de cuadrícula.

pdi = el factor de ponderación de la zona de distancia, donde se encuentran la celdas específicas.

pli = el factor de ponderación de la utilización del suelo donde se encuentran la celdas específicas.

Campo de visibilidad extendido (CVE)

$$CVE (\%) = \frac{n_{\text{vis}}}{n_{\text{all}}} \times 100$$

donde;

n_{vis} = es el número de celdas en el área circundante, hasta 6 km a partir del observador.

⁵ Una celda o pixel es la unidad mínima de un raster (imagen) organizada en filas y columnas (cuadrícula); en la que cada celda contiene un valor o información, por ejemplo, altitud (Esri, 1995-2015).

n_{all} = es el número total de celdas que rodea la zona de extracción.

Los resultados de la combinación del valor de CO con el valor de los resultados CVE en el índice de sensibilidad de visual, se expresan utilizando un sistema de clasificación de cinco escalas: muy bajo, bajo, intermedio, alto, muy alto en sensibilidad de visión paisajística. A continuación se muestra los rangos cuantitativos en relación con las cinco escalas, donde el rango de Muy Alto se considera perturbador para el paisaje.

Nivel de Visualización	Valor
Muy Bajo	1-1.5
Bajo	1.6-2.5
Intermedio	2.6-4.5
Alto	4.6-7
Muy Alto	7.10-10

Procedimientos en el manejo de la información cartográfica: *cuencas de visibilidad*

Las cuencas de visibilidad son algoritmos espaciales que determinan áreas expuestas de un punto A dentro de un radio sobre la superficie de la tierra. Los insumos utilizados para la generación del mapa se obtuvieron con el MDE, ubicación de un punto en el territorio (es a partir de la presa de Jales). El procedimiento en el programa Arcgis (X) sería el siguiente: ArcToolbox – 3DAnalyst – Raster Surface – Viewshed. El resultado valora las zonas visibles y no visibles, analizando sólo variables del relieve.

En un segundo paso se agregó un valor ponderado a los tipos de cubiertas del terreno, determinado dentro del método LETOPID (en el siguiente apartado se describe) con la finalidad de calcular los valores de impacto visual en cada cubierta del paisaje.

3.2.- Matriz de Folchi

La matriz de Folchi se aplicó por primera vez en una unidad minera ubicada en la ciudad Sardina, Italia. Este método es una expresión que resume los efectos ambientales de minas a cielo abierto y diferentes tipos de técnicas en la minería subterránea. La matriz tiene la

capacidad de evaluar diferentes impactos ambientales generados por la actividad minera. Para llegar a los resultados de la matriz es necesario seguir las siguientes siete etapas (Folchi, 2003):

- 1.- Caracterización del contexto ambiental.
- 2.- Identificación de factores que podrían modificar las condiciones ambientales pre-existentes.
- 3.- Definición de los intervalos posibles para la magnitud de la variación causada por cada factor de impacto.
- 4.- Designación de los componentes ambientales que podrían ser modificados como resultado de la minería.
- 5.- Correlación de cada factor de impacto y cada componente ambiental.
- 6.- Estimación de las especificaciones de la magnitud para cada factor de impacto.
- 7.- Cálculo de la suma ponderada de los impactos ambientales sobre cada componente ambiental.

La aplicación de este método en la presente investigación se realizó con el objetivo de tener una aproximación a los diferentes impactos ambientales ocasionados por la actividad minera en las respectivas áreas de estudios. La matriz está estructurada de la siguiente manera: las filas corresponden a los factores de impacto (FI), y las columnas a los componentes ambientales (CA) (cuadro 3). Los factores de impacto son acciones que se derivan de la implementación de la actividad minera en el territorio, estos mismos alteran el estado pre-existente de un componente ambiental, el cual puede tener una variación que va de efecto nulo a un impacto severo. Según Folchi (2003) los efectos pueden representarse en cuatro niveles de perturbación: nulo, mínimo, medio y máximo.

Componente ambiental	
1	Salud humana y seguridad
2	Cuestiones sociales
3	Aguas superficiales
4	Aguas subterráneas
5	Calidad del aire
6	Uso de la zona
7	Flora y fauna
8	Construcción en la superficie
9	Construcción subterránea
10	Paisaje
11	Suelo
12	Cuestiones económicas

Cuadro 3: Lista de componentes ambientales en la matriz de Folchi (2003).

Esta matriz expresa una simulación cuantitativa de los posibles escenarios prospectivos; por lo tanto se pueden identificar tanto ventaja como desventaja que están ligadas a la selección de los parámetros utilizados para la evaluación. Por ejemplo, al considerar información según los objetivos de la investigación, se podrían descartar algunas variables que para otros enfoques u objetivos podrían ser útiles. Sin embargo una de las fortalezas está dada por la posibilidad de agregar nuevas variables de impacto o componentes ambientales que otros estudios o enfoques pudieran considerar pertinentes.

El primer paso para la construcción de la matriz es determinar los pesos de cada factor de impacto según el tipo de método de extracción encontrado dentro de la matriz de Folchi, o bien se sugiere se haga con un grupo de expertos en el tema. Los pesos asignados para cada factor de impacto (F_i) varían de entre 0 y 10, donde 0 indica un impacto nulo y 10 indica impacto crítico, el cual estará determinado por el posible escenario donde se desarrollará el proyecto minero (cuadro 4⁶).

Los valores asignados a los componentes ambientales están dados por la influencia del factor de impacto antes de la minería en relación con un coeficiente, el cual puede ser calculado a partir de la suma de todas los valores de las magnitudes asignadas; esto

⁶ Para mayor información del cuadro 4 consultar apartado de apéndice.

determina el efecto total sobre cada uno de los índices ambientales, es decir, suponiendo que la suma de estos coeficientes es igual a 10, el nivel máximo de perturbación se define numéricamente como el doble del nivel de perturbación medio (5) y de manera similar, el nivel de perturbación medio se define como el doble del valor del nivel mínimo (2.5). La suma de todos los niveles de perturbación para cada componente ambiental se normaliza para asegurar que sea igual a 10, dando como resultados un matriz C_A ($[C_A]_{12 \times 10}$) ver cuadro 6. El siguiente paso es el cruce de los factores de impacto (cuadro 5) y componentes ambientales (cuadros 6), los cuales son expresados en la siguiente formula:

$$[C_{At}]_{1 \times 12} = [F_I]_{1 \times 10} \times [C_A]_{10 \times 12}$$

donde;

$I_{F 1 \times 10}$, = Elementos que representan los valores de los factores de impacto.

$C_A 10 \times 12$ = Factores de impacto por el componente ambiental.

Por último, el efecto total sobre cada componente ambiental se calcula mediante la suma de las magnitudes ponderadas de todos los factores de impacto, la cual se representa en una gráfica de columnas de forma ordenada (mayor a menor) lo que permite una mejor interpretación de los resultados. El proceso se repite para cada uno de los métodos de extracción minera en Angangueo y Temascaltepec.

Factores de impacto		Escenario	Magnitud
1	Uso del suelo	Parques y áreas naturales	8-10
		Áreas urbanas	6-8
		Áreas agrícolas	3-6
		Área industrial	1-3
2	Exposición de la zona minera	Se puede ver en zonas habitadas e importantes	6-10
		Se puede ver áreas principales	2-6
		No visible	0-2
3	Interferencia con aguas superficiales	Interferencia con ríos y lagos	6-10
		Interferencia con sistemas de agua no relevantes	3-6
		No hay interferencia	0-3
4	Interferencia con aguas subterráneas	Agua superficial y terrenos permeable	5-10
		Agua profunda y terrenos permeable	2-5
		Agua profunda y terrenos impermeable	1-2
5	Aumento en el tráfico de la zona	Incremento de 200%	6-10
		Incremento de 100%	3-6
		No hay aumento	1-3
6	Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera	Emisiones libres de CO a la atmosfera	7-10
		Emisiones entorno a los valores de referencia	2-7
		Emisiones muy por debajo de los valores de referencia	1-2
7	Contaminación acústica	Sobrepresión del aire máximo de 1 km de distancia	
		> 138.5 dB	8-10
		< 138.5 dB	4-8
		< 128.5 dB	1-4
8	Vibraciones del terreno	Por encima del umbral	7-10
		Tolerancia del umbral	3-7
		Valores por debajo del umbral	1-3
9	Voladura de la roca	Sin planeación en las operaciones y sin desmonte	9-10
		Planeación en las operaciones y sin desmonte	4-9
		Planeación en las operaciones y desmonte	1-4
10	Empleo local	Incremento de trabajo	
		Bajo	7-10
		Medio	3-6
		Alto	1-2

Cuadro 4: Factores de impacto con sus posibles escenarios y rangos de magnitudes (Folchi, 2003).

Para esta investigación las magnitudes asignadas a los factores de impactos (cuadro 5) con relación al escenario fueron seleccionados con base en el conocimiento previo de los distritos mineros (ver apartado “los elementos del paisaje en el área de estudio”); además de que nuestro estudio estuvo apoyado en investigaciones de autores como Folchi, (2003); Mirmohammadi *et al.*, (2009) y Samimi *et al.*, (2011) quienes muestran la aplicación de la matriz en espacios similares a los distritos de Angangueo y Temascaltepec.

Factores de impacto		Método de explotación	
		A cielo abierto	Subterránea (subnivel)
1	Uso del suelo	8	3
2	Exposición de la zona minera	10	6
3	Interferencia con aguas superficial	6	6
4	Interferencia con aguas subterránea	6	8
5	Aumento en el tráfico de la zona	7	10
6	Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera	5	3
7	Contaminación acústica	4	4
8	Vibraciones del terreno	7	8
9	Voladura de la roca	5	2
10	Empleo local	6	6

Cuadro 5: Magnitudes asignadas por cada factor de impacto en los métodos de explotación.

El siguiente cuadro muestra la asignación ponderada de los componentes ambientales (en relación a los factores de impacto). Es preciso recordar que los valores mostrados están asignados en una escala normalizada de 10 (ej. $10/4=2.5$) donde el valor medio es el doble del mínimo, y el máximo es el doble del medio (cuadro 6).

Factores de impacto		Componente ambiental											
		Salud humana y seguridad	Cuestiones sociales	Aguas		Calidad del aire	Uso de la zona	Flora y fauna	Construcción		Paisaje	Suelo	Cuestiones económicas
				superficiales	subterráneas				Superficie	Subterránea			
1	Uso del suelo	Max 1.60	Min 0.62	Med 2.22	Max 4.44	Nulo 0.00	Max 3.33	Max 2.50	Max 5.00	Nulo 0.00	Med 2.50	Min 2.50	Nulo 0.00
2	Exposición de la zona minera	Med 0.80	Med 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Max 3.33	Med 1.25	Med 2.50	Nulo 0.00	Max 5.00	Min 2.50	Nulo 0.00
3	Interferencia con aguas superficiales	Med 0.80	Nulo 0.00	Max 4.44	Min 1.11	Nulo 0.00	Min 0.83	Max 2.50	Min 1.25	Nulo 0.00	Min 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00
4	Interferencia con aguas subterráneas	Min 0.40	Nulo 0.00	Med 2.22	Max 4.44	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 0.62	Nulo 0.00	Max 4.44	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00
5	Aumento en el tráfico de la zona	Max 1.60	Med 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 2.50	Min 0.83	Max 2.50	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00
6	Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera	Max 1.60	Max 2.50	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Med 5.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00
7	Contaminación acústica	Min 0.40	Max 2.50	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 0.62	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00
8	Vibraciones del terreno	Min 0.40	Med 1.25	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 0.83	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Min 1.11	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00
9	Voladura de la roca	Max 1.60	Min 0.62	Min 1.11	Nulo 0.00	Min 2.50	Min 0.83	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Max 4.44	Nulo 0.00	Med 5.00	Nulo 0.00
10	Empleo local	Med 0.80	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Nulo 0.00	Max 10.00
Total		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Cuadro 6: Valor de los factores de impactos y componentes ambientales.

4.- DE LA PEQUEÑA MINERÍA A LA CORPORATIVA: DISTRITO DE ANGANGUEO, MICHOACÁN

En el Mineral de Angangueo se ha desarrollado la minería subterránea, por los españoles en los siglos XVI y XVII, pero también los ingleses, alemanes y franceses en épocas más recientes. La actividad de extracción de esta zona comenzó su declive a inicios del siglo XIX como efecto de la inestabilidad producto de la lucha por la independencia, llegando al punto de inactividad. Años más tarde, a principios de 1900, las operaciones de la mina fueron otorgadas por parte del gobierno a la empresa estadounidense *American Smelting and Refining Company* (ASARCO) que continuó con la explotación hasta 1953, cuando dejó de operar debido a que se declaró en banca rota cuando fue presionada por el gobierno para reparar los daños de un accidente que cobró varias vidas humanas y en la que se le consideró como responsable.

El panorama de aquel entonces lucía desolador para los habitantes de la comunidad de Angangueo, dependiente en gran medida de la actividad minera. Un año más tarde, después del último cierre, un grupo de pobladores de la comunidad crearon un fondo económico para reactivar la mina, registrándose como Impulsora Minera de Angangueo (IMASA), sin embargo, los costos de producción, los rendimientos bajos y pérdidas económicas fueron algunos de los motivos que la obligaron a declararse en quiebra en 1991, cuando la mina cerro por completo⁷.

⁷ Diario Oficial de la Federación de 1992 declara libre el terreno comprendido en la zona número 1 de Angangueo, con una superficie de 8,164.88 ha.



Figura 14: Antiguo vagón de la mina de Angangueo (foto tomada por Eduardo Herrejón, la Jornada, Michoacán, 2004)

Los propietarios de las acciones de IMASA han tenido diferentes negociaciones con nuevas empresas mineras en estos últimos años para reiniciar operaciones, sin embargo, no se ha llegado a un acuerdo. En 2001, IMASA acordó con el gobierno el pago de las acciones dando por terminada la concesión de la mina, e inmediatamente después de haber culminado el contrato de términos, diferentes empresas nacionales y extranjeras comenzaron a mostrar interés en la zona.

La concesión para la explotación del mineral se otorgó a la compañía mexicana Grupo México⁸. Esta corporación tiene nueve concesiones importantes en el país, en ellas destacan, Cananea en el Estado de Sonora, Santa Eulalia en Chihuahua, San Martín en Zacatecas, Taxco en Guerrero y Angangueo en Michoacán, esta última ocupa la quinta posición de reservas probadas de mineral más grande del país.

⁸ Grupo México es una de las empresas más importantes en México, Perú y Estados Unidos. Se posiciona entre los principales productores de cobre en el mundo. Además, está dedicada al servicio ferroviario de carga multimodal más grande del país (Grupo México, 2013).

El proyecto minero en Angangueo tiene expectativas de extraer minerales de plata, cobre, plomo y zinc⁹ por el método subterráneo (sub-nivel). Proyecta extraer 384,000 toneladas de material al año¹⁰. Grupo México pretende hacer uso de las grandes maquinarias y de tecnologías para la extracción, molienda y beneficio del mineral, minimizando el tiempo de producción. Estas compañías llegan al 90% de la producción metalúrgica del país. La concesión otorgada a Grupo México tiene una vigencia de veinticinco años (con posibilidades de ampliarse a treinta años), con una superficie de 5,983 ha. El 90% del distrito minero se localiza dentro de los límites de la RBMM (figura 15).

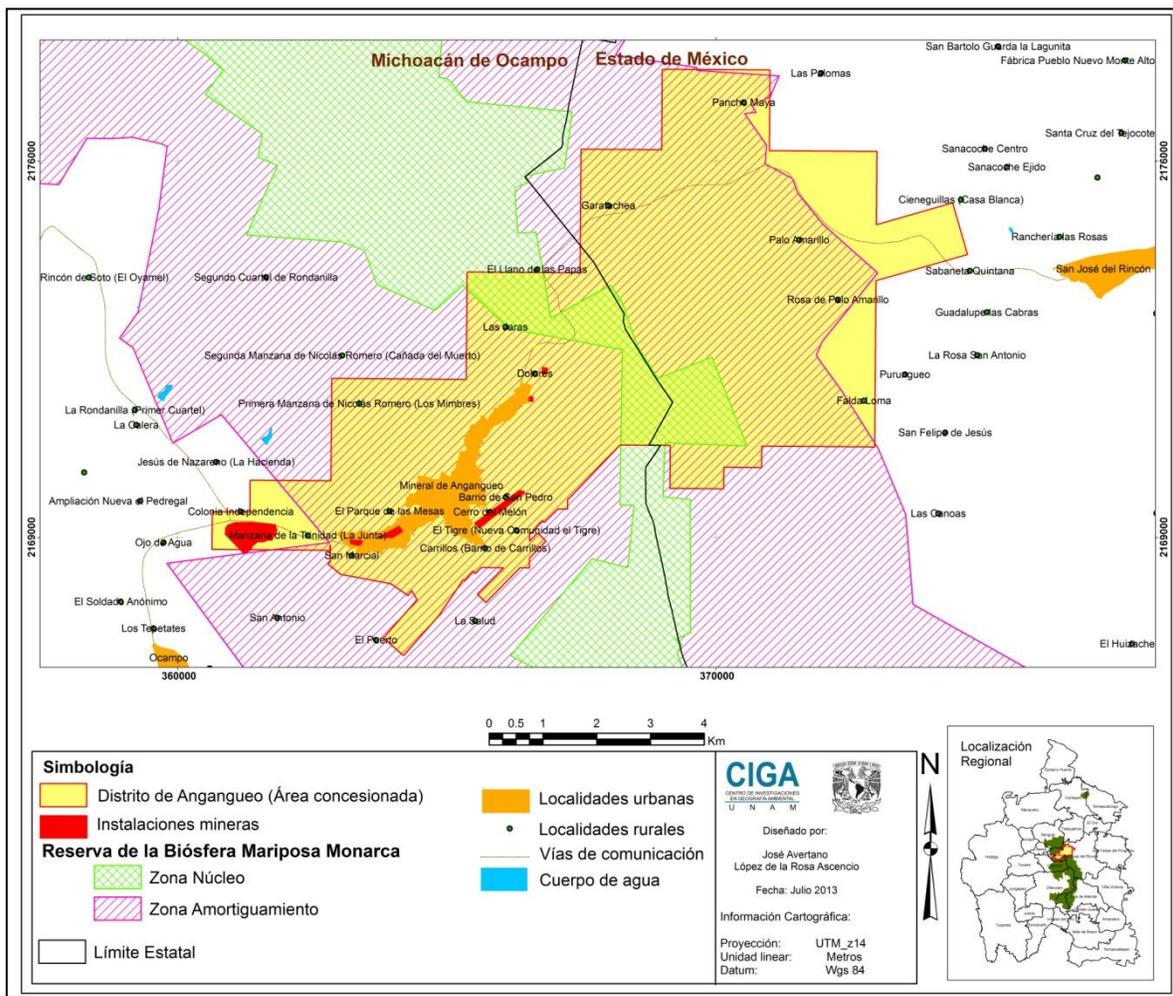


Figura 15: Ubicación del distrito minero de Angangueo, Estado de Michoacán. Elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía (2010).

⁹ La veta de Angangueo tendrá una producción anual de 10 mil 400 toneladas de cobre, 3 millones de onzas de plata, 9 mil 700 toneladas de zinc y 3 mil 900 toneladas de plomo (Zavala, 2012).

¹⁰ Después de veinticinco años de extracción, las toneladas de material extraído oscilarán hacia los 9'600,000.

4.1.- Reactivación de las antiguas instalaciones mineras

Las instalaciones ocupadas por IMASA en los casi cincuenta años de operación serán acondicionadas y, en su caso, reutilizadas para la reactivación de Grupo México. Las instalaciones que existen actualmente son: planta beneficio (incluido la zona de molienda), polvorines, una entrada principal a la mina (socavón), cinco accesos a los diferentes niveles de la mina (tiros¹¹), dos presas de jales (Grandes y La Trinidad) y la vía de comunicación terrestre (dos carriles) que conecta al pueblo de Angangueo.

El proceso de extracción en la mina se llevará a cabo por medio de detonaciones y excavaciones, que permitirán la fragmentación del material. La salida del material será a través de los tiros y el socavón (San Hilario). Los materiales serán depositados en una banda transportadora hacia la superficie para después ser llevados en camiones de carga a la zona de trituración o tepetateras. Este proceso tendrá un recorrido aproximado de 2.5 km.

El material con presencia de metales entrará en una fase de trituración¹² con la finalidad de obtener materiales finos, facilitando el proceso de molienda, misma que será procesada en la planta beneficio para la recuperación del metal. Por último, los residuos sólidos del proceso de beneficio, serán transportados por una tubería mezclados con agua y otros químicos hacia la presa de jales (figura 16, 17 y 18).

Es importante mencionar que debido a las dimensiones de las instalaciones y maquinarias para realizar las actividades, se requiere de mayor espacio, por ello se pretende realizar ajustes menores en la superficie, principalmente, en las áreas aledañas a la antigua presa de jales y al socavón (cuadro 5).

¹¹Existen en el área concesionada diferentes zonas de accesos que son conocidas como: Tiro Sur, Tiro Carmen, Tiro Carrillos, Tiro Catingón y Tiro Palo Amarillo.

¹²La planta de trituración estará procesando 100 toneladas por hora, lo que dará como resultado un producto muy fino que será llevado en una tolva que tiene capacidad de transportar 1, 200 toneladas.

Instalaciones	Superficie (ha)
Presa de jales Grande	26.9
San Hilario	5.4
Presa de jales la trinidad	4
Línea de conducción	1.3
Tepetatera	1

Cuadro 7: Superficie a modificar a causas de la actividad minera.

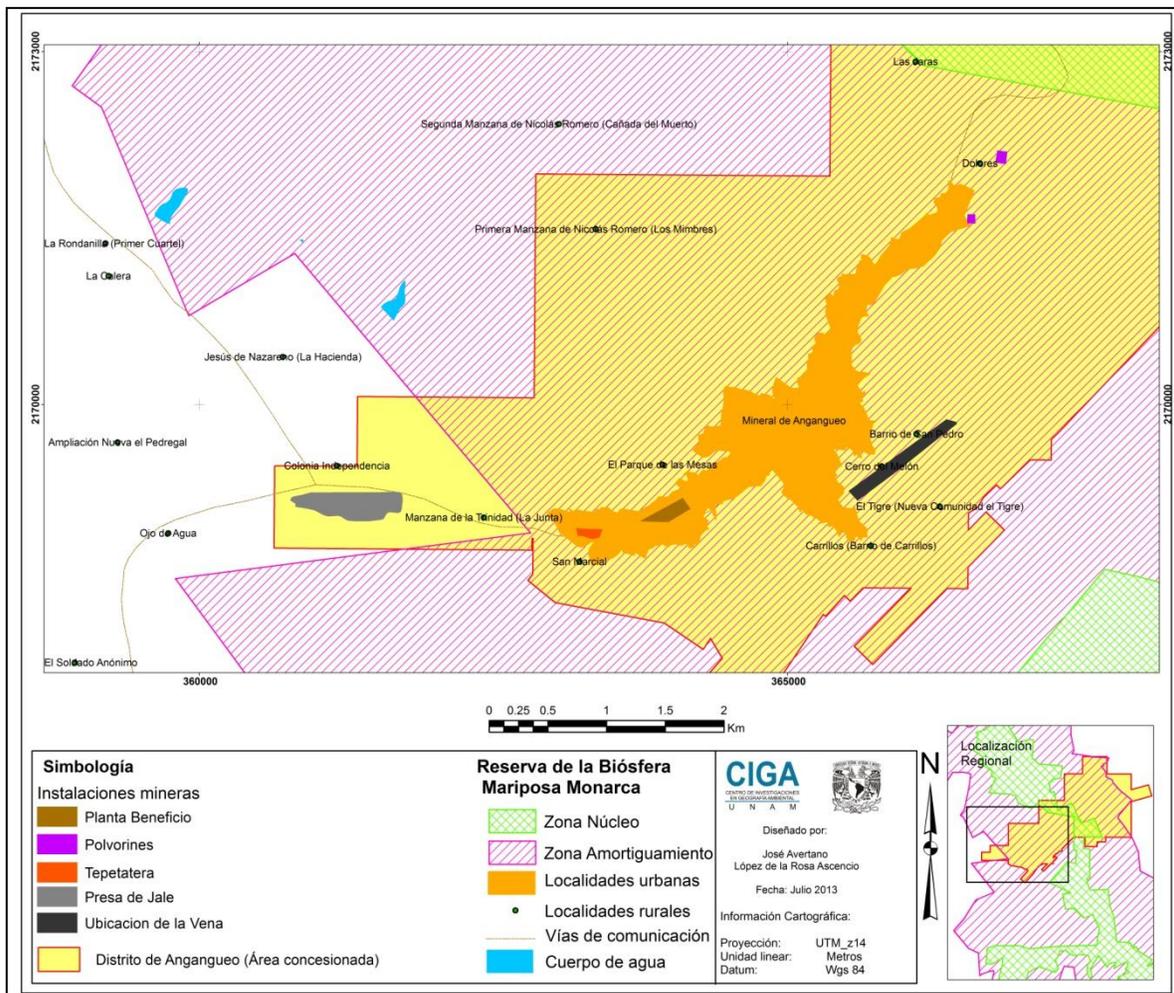


Figura 16: Arreglo espacial de las instalaciones mineras de Angangueo.



Figura 17: Entrada a la mina subterránea “el socavón San Hilario” (Foto propia, 2012).



Figura 18: Antigua planta de beneficio en Angangueo (Foto propia, 2012).

4.2.- La presa de jales en Angangueo

Durante las operaciones de IMASA los residuos del material procesado fueron depositados en dos áreas adyacentes cercanas a la comunidad mineral de Angangueo, sin embargo, el crecimiento urbano en los últimos veinte años ha provocado que las presas de jales formen parte de la mancha urbana. En la actualidad existen dos presas de jales: la Trinidad y la Grande.

Las características generales de la presa de jales La Grande son: 851 m de largo por 246 m de ancho, con 15 m de alto aproximadamente, y cortinas en formas de terrazas escalonadas. Las proyecciones del informe técnico indican que se ampliará a 292 m hacia el sur, elevándolas en etapas de 3 x 3 m hasta alcanzar la altura actual. La superficie final de 269,301 m², con capacidad de almacenamiento¹³ de 4'039,515 m³ de residuos mineros compuestos por materiales de trazas de plata (Ag), plomo (Pb), cobre (Cu) y zinc (Zn) en forma de sulfuros, estarán compuestos principalmente por sílice (SiO), calcita (CaCO), pirolusita (MnO₃) y pirita (FeS) (Industrial Minera México, 2005).

¹³ El volumen estimado de producción de jales será de 810 m³ por 325 días de operación por año, se traducen en una vida de almacenamiento de quince años.

Las dimensiones de la presa de jales permiten visualizarla desde diferentes puntos de la zona en un radio aproximado de 6 km. La mayor exposición se localiza en dirección oeste-este, con un 35% de observación. Es importante mencionar que dicha presa es característica de la entrada a la comunidad Mineral de Angangueo; sin embargo, hace un contraste con el paisaje natural en la región (figura 19 y 23).

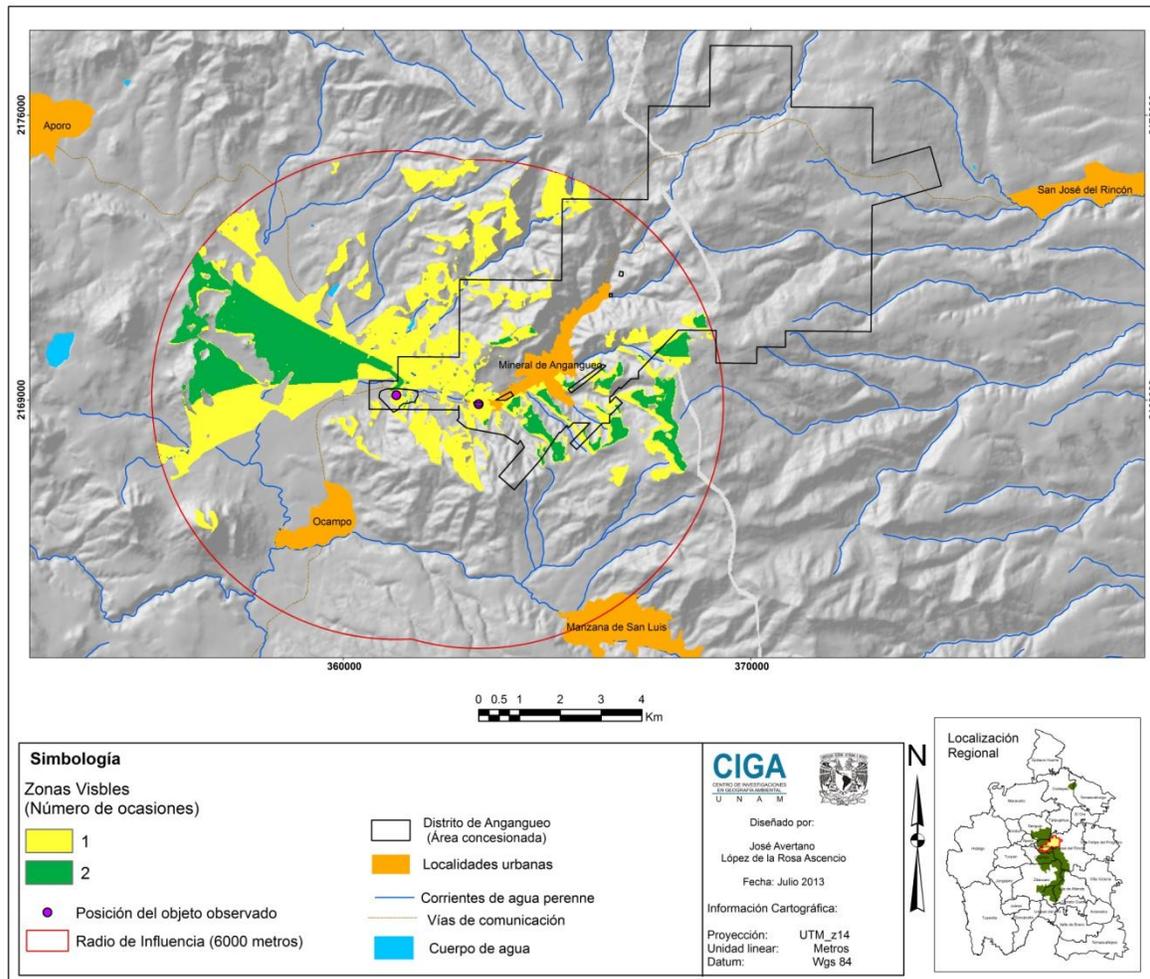


Figura 19: Cuenca de visibilidad de la presa de jales.

Durante el recorrido en campo se identificó una fuerte degradación de sus agregados en la presa de jales. La escasa vegetación y procesos hídricos son de las principales causas. Por ejemplo, lixiviados en diferentes puntos de sus laderas (escurrimientos de color café-óxido, ver figura 24 y 25). Los residuos mineros presentan una fuerte degradación. Cabe recordar que la presa ha estado inactiva en los últimos veinte años. Dentro del informe técnico

presentado por la compañía minera a la SEMARNAT no expone sobre las pruebas o análisis de vulnerabilidad que tiene la presa ante eventos climáticos e hidrológicos atípicos.

Analizando la estación climatológica “La Encarnación” (16192) de CONAGUA, cercana al distrito minero, la precipitación promedio es de 700 a 800 mm anuales. En los últimos veinte años se registraron periodos con lluvias atípicas, por arriba de los 1000 mm; las probabilidades de ocurrencia para estos tipos de precipitaciones son de 2.5% con periodos de retorno cada 8, 20 y 40 años según lo previsto en el estudio (ver cuadro 8).

La Encarnación (16192)				Probabilidad de ocurrencia		Periodos de retorno (Años)		
Año	Precipitación (mm)	Nº Orden	Precipitación (mm)	Año	%	20	50	100
1990	508.3	1	1343.1	2010	2.5	8.0	20.0	40.0
1991	430.4	2	1140.6	2003	7.5	2.7	6.7	13.3
1992	1108.1	3	1108.1	1992	12.5	1.6	4.0	8.0
1993	894.1	4	1028.6	2002	17.5	1.1	2.9	5.7
1994	482.8	5	895	2005	22.5	0.9	2.2	4.4
1995	871.4	6	894.1	1993	27.5	0.7	1.8	3.6
1996	714.9	7	883.9	1998	32.5	0.6	1.5	3.1
1997	732.7	8	871.4	1995	37.5	0.5	1.3	2.7
1998	883.9	9	863.9	2011	42.5	0.5	1.2	2.4
1999	795	10	858.2	2009	47.5	0.4	1.1	2.1
2000	690	11	795	1999	52.5	0.4	1.0	1.9
2001	752.9	12	752.9	2001	57.5	0.3	0.9	1.7
2002	1028.6	13	732.7	1997	62.5	0.3	0.8	1.6
2003	1140.6	14	714.9	1996	67.5	0.3	0.7	1.5
2004	366.2	15	701.7	2008	72.5	0.3	0.7	1.4
2005	895	16	690	2000	77.5	0.3	0.6	1.3
2008	701.7	17	508.3	1990	82.5	0.2	0.6	1.2
2009	858.2	18	482.8	1994	87.5	0.2	0.6	1.1
2010	1343.1	19	430.4	1991	92.5	0.2	0.5	1.1
2011	863.9	20	366.2	2004	97.5	0.2	0.5	1.0

Cuadro 8: Periodos de retorno de la precipitación anual cercanas al enclave minero.

Elaboración propia.

Es importante mencionar que Grupo México plantea incrementar el volumen de residuos de jales en la presa Grande, sin considerar elementos exógenos y su falta de mantenimiento. Para ello se diseñó en esta investigación escenarios imaginarios considerando los antecedentes de lluvia (eventos máximos), periodos de retorno y la producción de residuos minero programados (810 m³); todos ellos evaluados en un modelo por el programa Hec-ras (software especializado en temas hídricos) lo que permitió conocer las zonas que podrían ser contaminadas en caso de que ocurra un evento hidrometeorológico extremo.

A continuación presentamos una breve descripción de las cubiertas del terreno cercanas a la presa de jales, analizadas con imágenes satelitales spot. Donde destacan los cultivo de riego, agricultura de temporal y los bosques de pino-encino; a una distancia de 500m se encuentra el río Puerco, con dirección este-oeste (Figura 20).

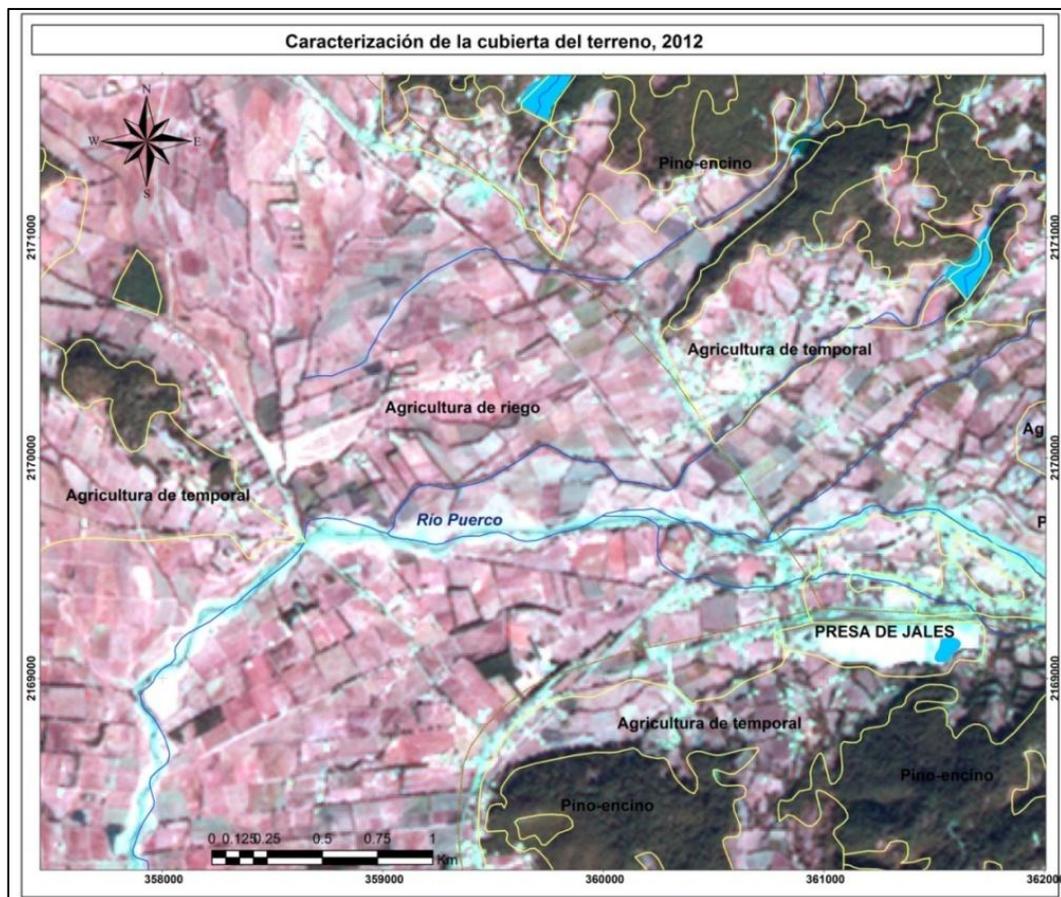


Figura 20: Principales cubiertas de suelo identificadas con imágenes Spot del año 2012. Elaboración propia.

Con el rompimiento de la presa de jales se vertería a la superficie un volumen aproximado de 400 m³ de residuos mineros en estado líquido, provocando un impacto directo en los primeros 500 m, sin embargo con la cercanía del río Puerco se estaría creando un esparcimiento de los residuos a una distancia de 3.5 km, siguiendo el curso del río en dirección este-suroeste (figura 21)¹⁴.

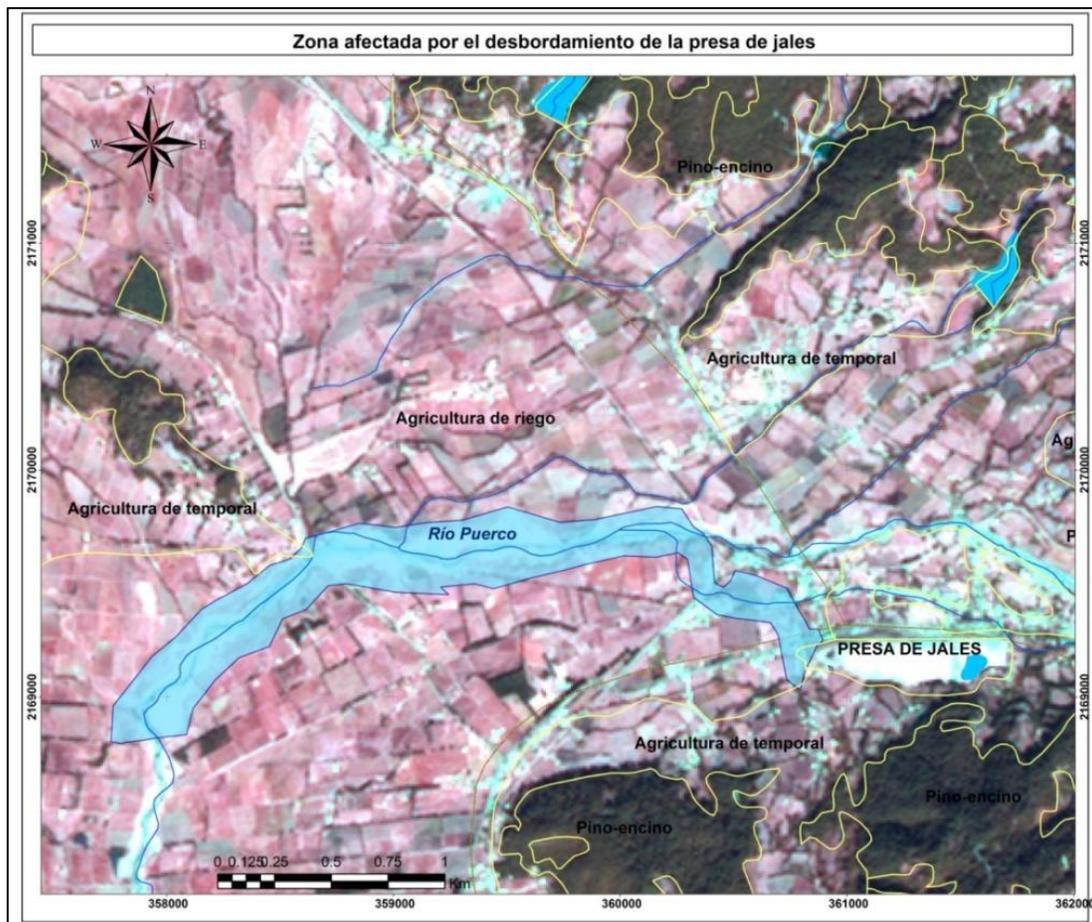


Figura 21: Resultado de la simulación del desbordamiento de la presa de jales. Elaboración propia.

La superficie afectada alcanzaría 85 ha aproximadamente, localizadas principalmente al margen del río Puerco, dejando a su paso suelos contaminados. Estos suelos actualmente están destinados a la agricultura de riego (figura 22).¹⁵

¹⁴ La simulación se diseñó con el desbordamiento de una cortina localizada en la parte suroeste de la presa Grande.

¹⁵ La simulación elaborada necesita ajustes espaciales que no fueron considerados por la falta de insumos, por ejemplo, la topografía con curvas de nivel por debajo de los 5m entre cada cota, el inventario de obstrucciones

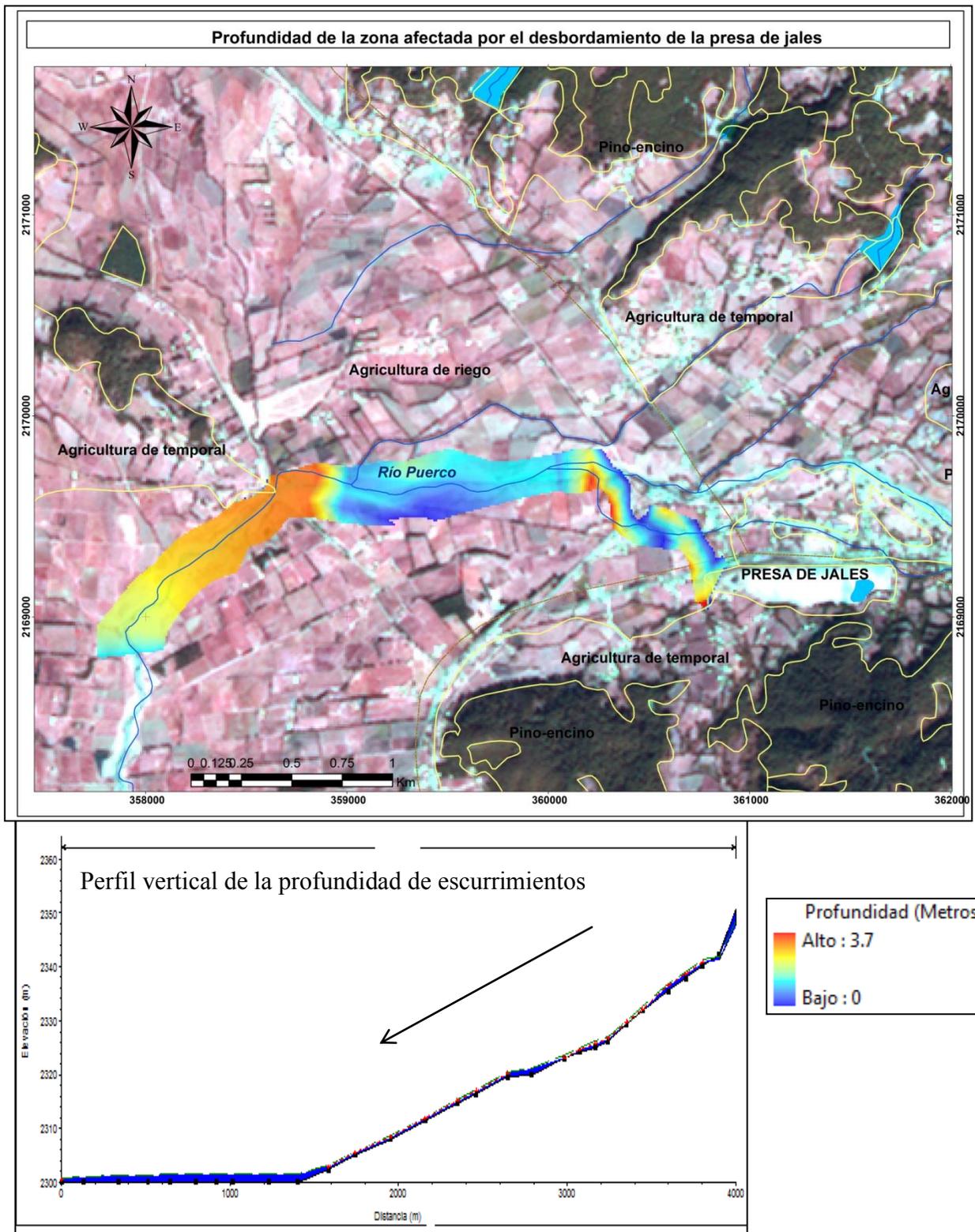


Figura 22: Profundidades alcanzadas en la simulación de la presa de jales. Elaboración propia.

naturales y sociales (casa) que podrían estar limitando el flujo del derrame; también, falta realizar un análisis del caudal del río Puerco, por mencionar algunos.



Figura 23: Vista de la antigua presa de jales (Foto propia, 2012).



Figura 24: Erosión hídrica en la presa de jales, Anganguero (Foto propia, 2012).



Figura 25: Presencia de lixiviados en la presa de jales (Foto propia, 2012).

4.3.- Componentes ambientales de la minería subterránea: matriz de Folchi

Los factores de impacto (acciones generadas por la actividad minera) evaluados dentro de la matriz de Folchi juegan un papel importante en los diferentes componentes ambientales, sin embargo existen acciones que inciden más sobre cada uno de ellos; así lo demuestran los resultados encontrados en la ponderación de las magnitudes de impacto y la correlación de los componentes ambientales.

En el manifiesto de impacto ambiental de Grupo México se indica que no existirían consecuencias en los ecosistemas cercanos al proyecto; debido al tipo de método de extracción que se pretende emplear. Pero esto contrasta con nuestros resultado, donde el primer componente modificado sería *flora y fauna* con 62.4% de impacto global, ocasionados principalmente por aumento del tráfico en la zona (25.0%) e interferencia en aguas superficiales (15.0%), más detalle en el cuadro 9; debemos recordar que la compañía minera tiene planeado desarrollar la actividad con grandes maquinarias de transporte.

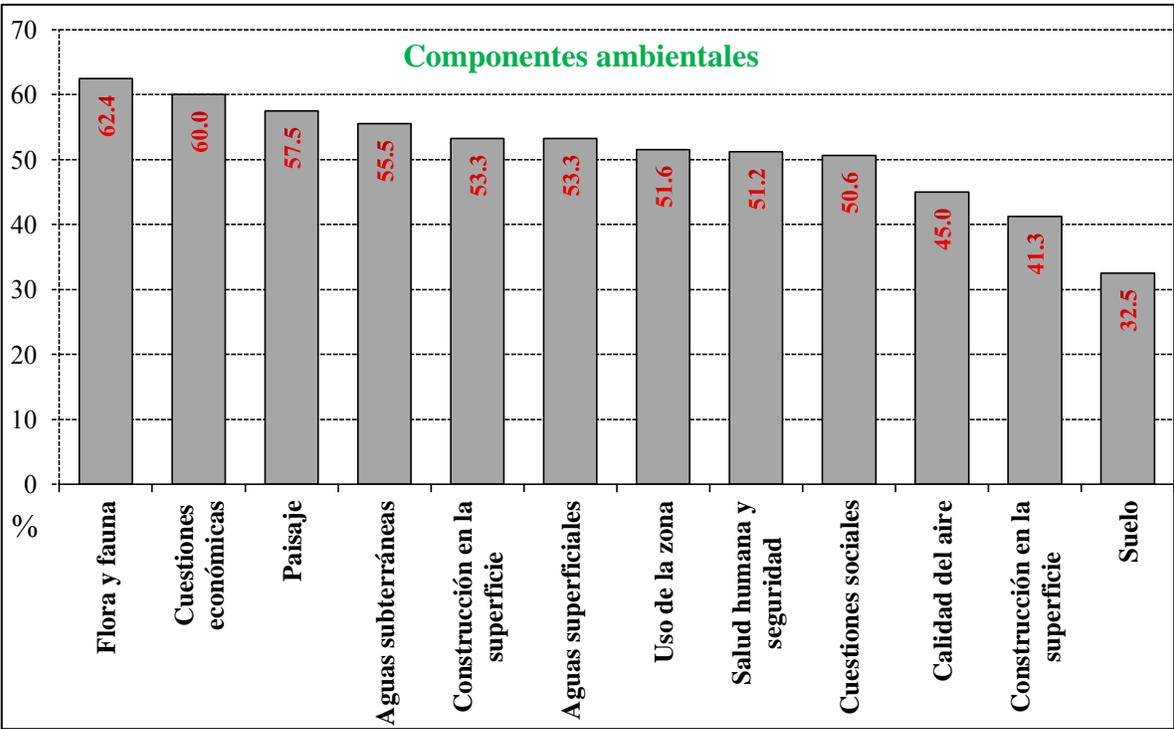
Otro de los componentes ambientales a transformar es *cuestiones económicas* con 60% del impacto global, esto se debe a la intervención del *empleo local* (60.0%) en los habitantes de Angangueo; como se mencionó en párrafos anteriores, los habitantes tienen un gran arraigo por la actividad minera, lo que genera interés para participar de nuevo en la actividad (ver más información en la gráfica 4 y cuadro 9).

El componente *paisaje* ocupa la tercera posición con 57.5%, intervenidos principalmente por exposición de la zona minera (30%), aumento en el tráfico de la zona (12.5%) y uso del suelo (7.5%), ver cuadro 9; este resultado puede asociarse al impacto que se ha venido mencionando con respecto a la presa de jales y la ampliación de algunas de las instalaciones en la planta de beneficio que romperían con el entorno inmediato.

En la matriz, los componentes *sociales, salud y seguridad, uso de la zona, aguas superficiales, construcción en la superficie y aguas subterráneas* se localizan dentro de los

rangos 50 a 55%, todos ellos trastocados por factores como exposición de la minera, tráfico en la zona, construcción en la superficie e interferencias con cuerpos de agua.

En resumen, 9 de los 12 componentes ambientales estarían cambiando su estado pre-existente por arriba del 50 %, donde se destaca los aspectos naturales y económicos, más detalle en grafica 4 y cuadro 9. Estos resultados podrían proponer lo siguiente: aun cuando se busca la reactivación de la minera en la zona (donde ya se ha venido ejerciendo), existen altas probabilidades de cambios importantes en el territorio que deberían ser evaluados desde diferentes enfoques.



Gráficas 4: Componentes ambientales modificados a causa de la minería subterránea.

Factores de impacto		Componente ambiental											
		Salud humana y seguridad	Cuestiones sociales	Aguas		Calidad del aire	Uso de la zona	Flora y fauna	Construcción		Paisaje	Suelo	Cuestiones económicas
				superficiales	subterráneas				Superficie	Subterránea			
1	Uso del suelo	4.8	1.9	6.7	13.3	0.0	10.0	7.5	15.0	0.0	7.5	7.5	0.0
2	Exposición de la zona minera	4.8	7.5	0.0	0.0	0.0	20.0	7.5	15.0	0.0	30.0	15.0	0.0
3	Interferencia con aguas superficiales	4.8	0.0	26.6	6.7	0.0	5.0	15.0	7.5	0.0	7.5	0.0	0.0
4	Interferencia con aguas subterráneas	3.2	0.0	17.8	35.5	0.0	0.0	5.0	0.0	35.5	0.0	0.0	0.0
5	Aumento en el tráfico de la zona	16.0	12.5	0.0	0.0	25.0	8.3	25.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0
6	Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera	4.8	7.5	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Contaminación acústica	1.6	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Vibraciones del terreno	3.2	10.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0
9	Voladura de la roca	3.2	1.2	2.2	0.0	5.0	1.7	0.0	0.0	8.9	0.0	10.0	0.0
10	Empleo local	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
Impacto global		51.2	50.6	53.3	55.5	45.0	51.6	62.4	41.3	53.3	57.5	32.5	60.0

Cuadro 9: Impacto global en los componentes ambientales de la minería subterránea.

5.- MINERIA A CIELO ABIERTO: DISTRITO DE TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO

El proyecto minero se localiza en el municipio de Temascaltepec, Estado de México, y cuenta con una superficie de 39,714 ha que han sido concesionadas para la explotación de plata y oro durante los próximos cincuenta años. Esta autorización fue otorgada en el año 2006¹⁶ a la corporación minera Canadiense Silvermex Resources Inc (Silvermex) y a una de sus filiales, La Guitarra CIA, minería S.A. de C.V.

La actividad se ha desarrollado en los sitios conocidos como Coloso-Nazareno, La Guitarra y Mina de Agua. Una de las características que comparten estos sitios es que forman parte de grandes vetas mineralizadas, con una superficie 8,042 ha (figura 26). Desde sus inicios, la extracción de material se ha realizado con un método subterráneo. En el año 2010 la producción reporto cantidades superiores a los 195 millones de dólares, lo que significó un crecimiento del 800% para la corporación encargada de la explotación, posicionando al distrito minero entre los más redituables del país (Sterescu, 2011).

En ese mismo año, la compañía decide destinar un presupuesto anual de 13,4 millones de dólares para la realización de trabajos de exploración dentro del área concesionada, principalmente en La Guitarra¹⁷. Los resultados determinaron una alta factibilidad para emplear el método de explotación a cielo abierto (Sterescu, 2011).

Hasta ese entonces, el volumen de material extraído era de aproximadamente 320 toneladas diarias; no obstante, en el año 2012 la empresa encargada de explotación decide pasar las acciones a la compañía canadiense *First Majestic Silver Corp* (First Majestic), consorcio minero con alto capital económico y tecnológico de origen canadiense. La empresa mantiene la expectativa de emplear el método a cielo abierto propuesto para la zona.

¹⁶ La concesión fue otorgada desde 2003, sin embargo, en 2006, solicitaron una ampliación de la superficie (arriba de las 24,000 ha) a explorar y explotar, la cual fue concesionada por las autoridades federales dando como resultado la superficie actual.

¹⁷ La principal tendencia es la zona de La Guitarra con una veta diseminada que tiene de largo 15 km por 4 km de ancho, potencialmente rica en mineral hasta los 30 km de largo.

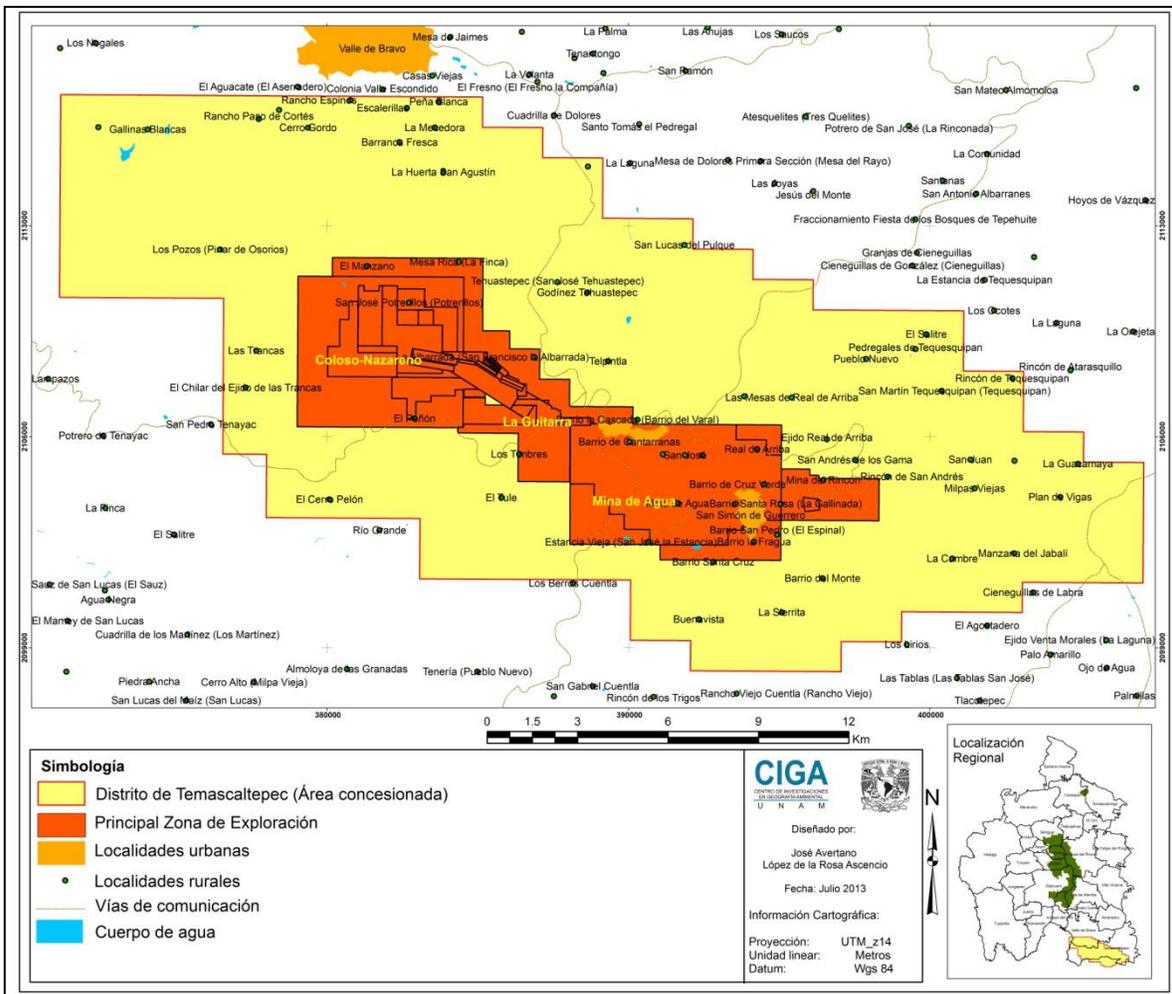


Figura 26: Distrito Minero de Temascaltepec, Estado de México, elaboración propia con datos de Secretaría de Economía (2010).

5.1.- La nueva minería en el distrito minero de Temascaltepec

De acuerdo a los resultados de los estudios de exploraciones, solo se ha explotado un 5% del mineral del subsuelo. La extracción a cielo abierto permitirá acelerar el proceso de extracción e incrementar los márgenes de ganancia. Considerando los acuerdos en las negociaciones de los sectores sociales, autoridades locales, permisos estatales y el cumplimiento de las reglas y normas federales que establecen sus operaciones, el nuevo método estaría poniéndose en marcha en un plazo no mayor a 5 años.

La compañía minera ha contemplado entre sus nuevos planes la ampliación de la presa de jales, creación de patios de lixiviados, tajos a cielo abierto, concesión de terreros y la ampliación de la planta de flotación, ocupando una superficie aproximada de 252 ha. Iniciará los trabajos de extracción en la zona de La Guitarra con dirección a Coloso-Nazareno (ver figura 27).

Los tajos se comienzan en el enclave de La Guitarra con dirección noroeste-sureste, mientras que el material extraído sin valor será depositado en terreros localizados en zonas inmediatas, para luego proseguir con el material con valor económico.

Este nuevo método de extracción implica otros cambios que surgen de la necesidad de transportar el material. De acuerdo a la información del informe técnico, se considera que existirá una ampliación de las carreteras de terracería existentes y la construcción de nuevos tramos carreteros con longitudes mayores a los 7 km. De esta forma se conectarán todas las instalaciones programadas para el desarrollo de la actividad. Finalmente, esto redundaría en un incremento gradual en el tráfico vehicular en la zona, mayores emisiones de polvo y ruido.

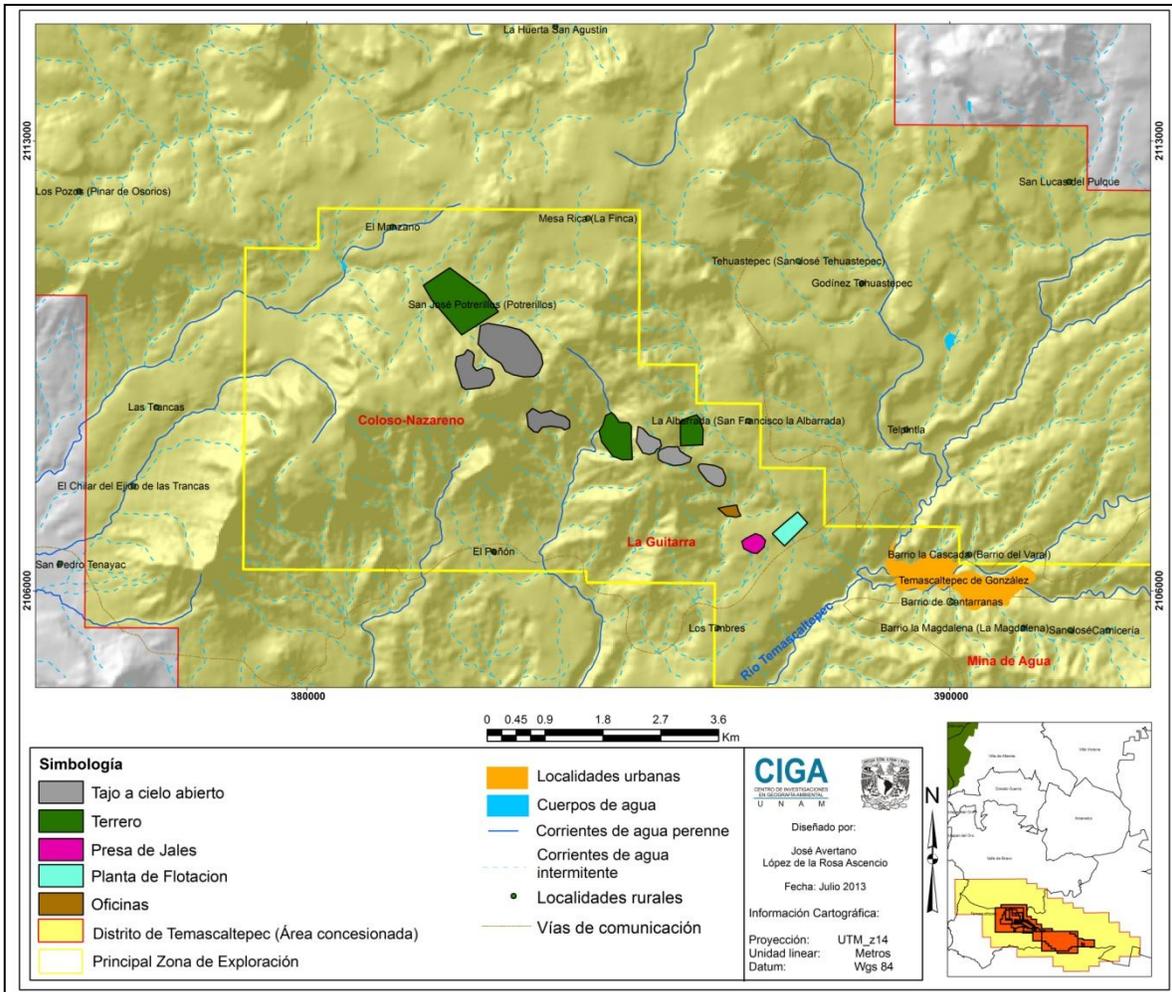


Figura 27: Prospección de las instalaciones mineras en Temascaltepec.

Los patios de lixiviación aún no se encuentran definidos en el informe técnico, pero consideramos que es uno de los aspectos más importantes a reflexionar debido a los posibles compuestos químicos que los conformarían.

5.2.- Principales cambios en el paisaje minero: un enfoque cuantitativo

En el distrito minero de Temascaltepec las cubiertas del terreno que predomina son: bosque de pino-encino (54 %), agricultura de temporal (24%), agricultura de riego (9%), bosque de pino (8%), pastizal inducido (6%), bosque mesófilo (3%) y remanentes de bosques de oyamel (menos de 1%) (Ver figura 28 A).

Una de las primeras tareas a implementar en este nuevo método es el desmonte de la zona donde se localiza el yacimiento; para ello se emplean maquinarias pesadas y fuegos controlados (esto suele suceder según el tipo de cubierta del terreno), lo que afectaría la composición florística del bosque de pino-encino y la fauna que habita en zonas menos perturbadas, asimismo, habría degradación del suelo adyacente a las instalaciones de la minera.

En previsión de la ejecución de esta actividad, se crearon tres escenarios posibles de la superficie afectada a causa del desmonte de la zona:

1. El primer escenario está diseñado tomando en cuenta las superficies de las instalaciones mineras que ocupan 252 ha (sin considerar sus alrededores como caminos y márgenes de las instalaciones), las principales coberturas afectadas serían el bosque de pino-encino con 194.1 ha y la agricultura de temporal con 57.9 ha, situación directamente significativa para los habitantes que dependen de los recursos forestales¹⁸.
2. En el segundo escenario, la superficie afectada aumenta a 224.4 ha (área total 476.4 ha). Para este escenario se consideraron las áreas de influencia de las instalaciones mineras, resultando afectados la cubierta de bosque de pino-encino con 386.6 ha, casi duplicando la superficie inicial, y la agricultura de temporal que sería intervenida en 89.7 ha.

¹⁸ En la zona se practica como actividad económica alternativa la venta de resina y en sus casos los pagos por servicios ambientales.

3. En el último escenario se plantea la conexión de todas las instalaciones, el área de influencia y las vías de comunicación, que dan como resultado una superficie afectada de 1,465.1 ha, de las cuales el 81.8% pertenece a los bosques de pino-encino, el 18% a la agricultura de temporal, y con menos del 1% al pastizal cultivado. Esta última categoría de cubierta no aparecía en escenarios anteriores (ver más en el cuadro 10).

El impacto ocasionado por el desmote/cambio de uso del suelo en la zona representaría, en los primeros diez años, el 3% de la superficie total, además de cambios drásticos para otros elementos del paisaje natural. La localización geográfica del área concesionada es un factor muy importante, considerando que existe un grado de perturbación menor en otros sitios con actividades económicas. También se debe mencionar que las zonas forestales son elementos que regulan el ciclo del agua y la alteración al microclima.

Uso del suelo y vegetación	Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Final
	Hectáreas				
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	21,458.20	-194.1	-386.6	-1,199.70	20,258.50
Agricultura de temporal	8,179.80	-57.9	-89.7	-264	7,915.80
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	3,619.30	0	0	0	3,619.30
Bosque de pino	3,029.40	0	0	0	3,029.40
Pastizal inducido	2,187.30	0	0	-1.3	2,186.00
Bosque Mesófilo de montana	1,097.50	0	0	0	1,097.50
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	144.50	0	0	0	144.50
Total	39,715.70	-252	-476.4	-1,465.10	38,251.00

Cuadro 10: Superficie afectada en el uso del suelo y vegetación del área concesionada.

Elaboración propia.

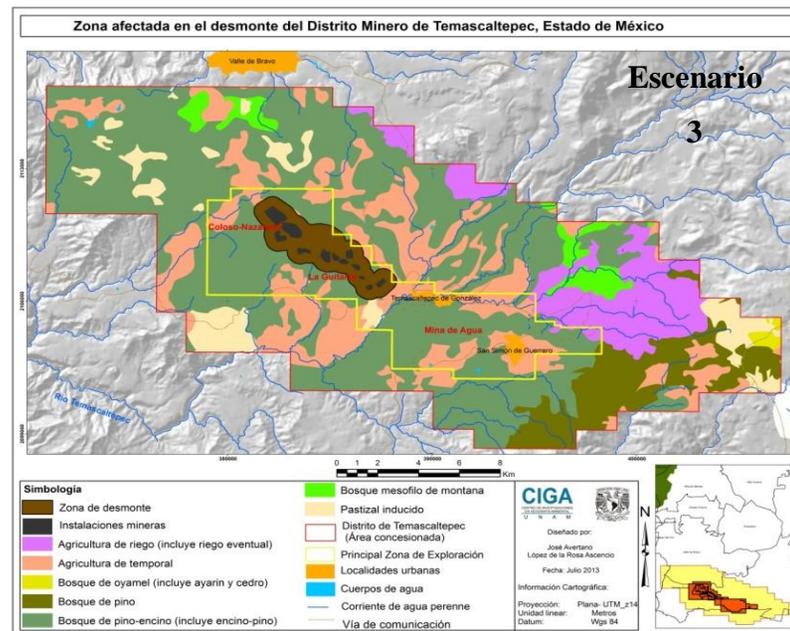
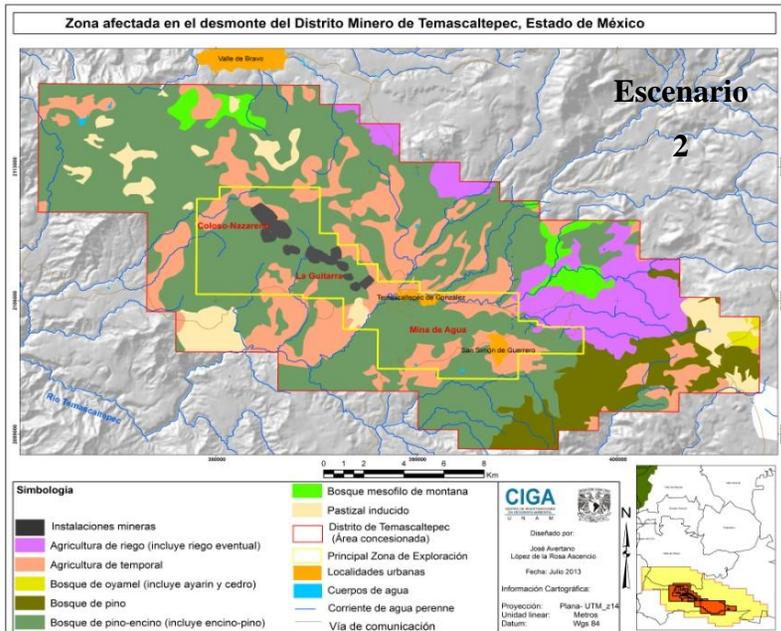
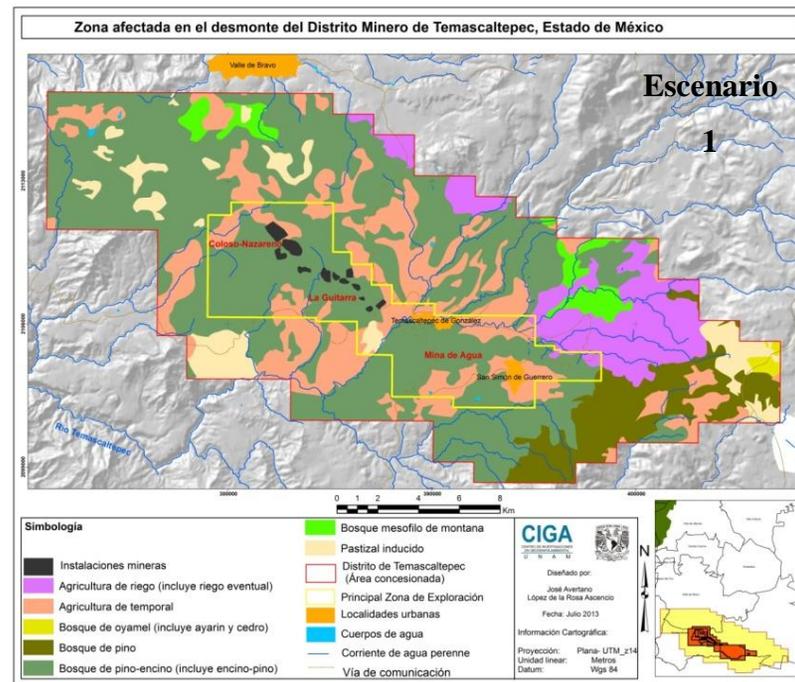
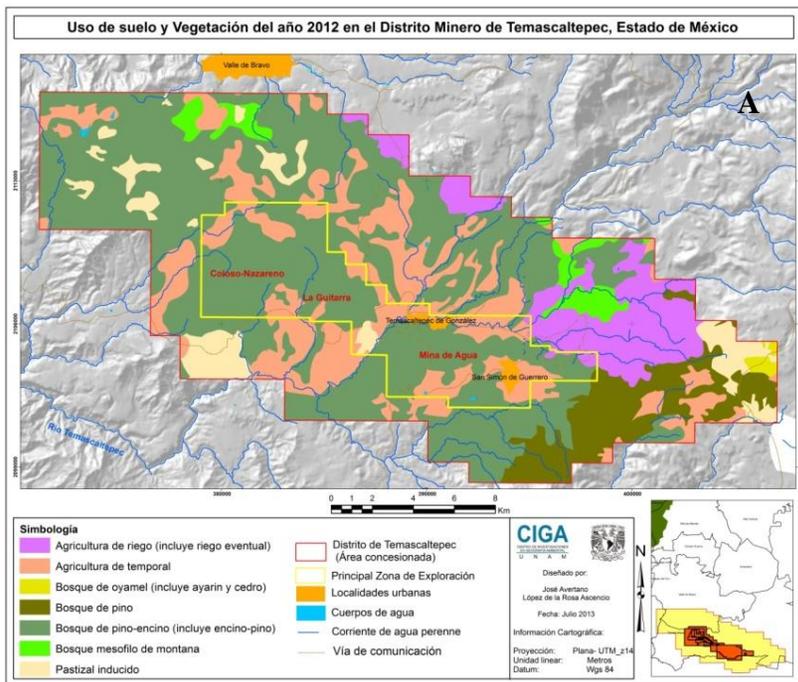


Figura 28: Posibles paisajes mineros en el distrito de Temascaltepec.

Ante el desmonte de la zona, el suelo queda expuesto a otros elementos exógenos que aceleran procesos físicos y químicos, lo cual se puede ver reflejado en la erosión y acumulación de sedimentos. Como ya se ha comentado, los tipos de suelos de la zona son Cambisoles y Andosoles,¹⁹ con características físicas muy susceptibles a cambios drásticos. Actualmente se pueden observar zonas cercanas a las instalaciones mineras que presentan un alto grado de erosión hídrica como respuesta ante el manejo incorrecto en el uso de la tierra, desencadenando el aumento de sedimentos pendiente abajo (figura 29).

Entre las repercusiones mencionadas anteriormente, después del desmonte de la zona, se incluye la nula capacidad de respuesta del suelo para una regeneración de la vegetación y recuperación del suelo en los próximos años.

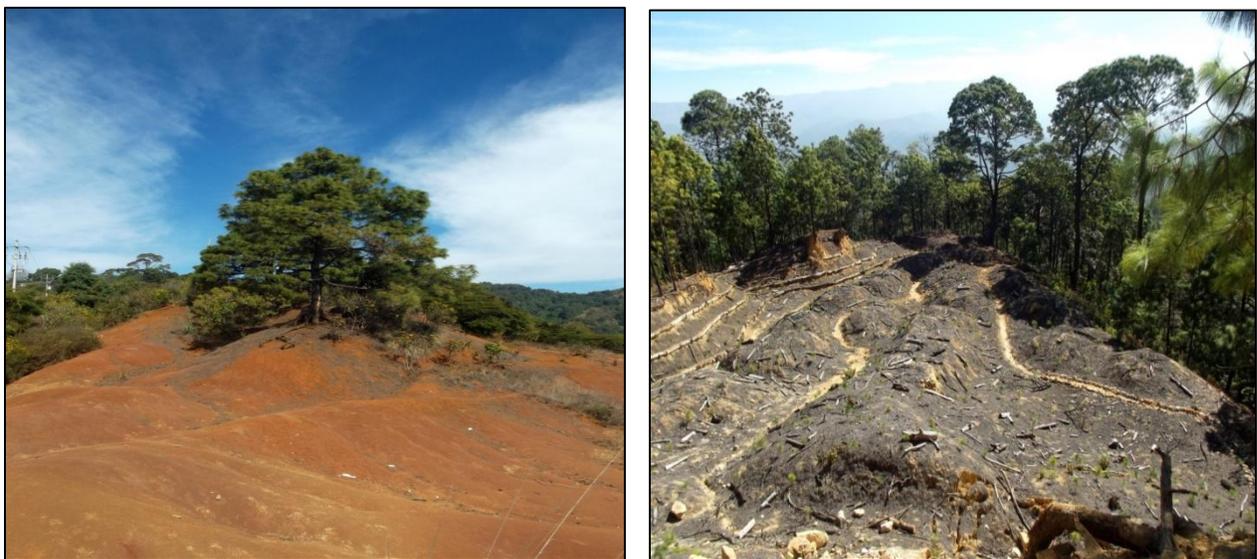


Figura 29: Erosión y desmonte en los alrededores del proyecto minero (Foto propia, 2012).

¹⁹ Los Cambisoles, son generalmente utilizados intensivamente y constituyen buenas tierras agrícolas; cuando presentan alta acidez son utilizados para el uso de la agricultura mixta y tierras forestales. Para conservar estos tipos de suelos en pendientes escarpadas es recomendable hacerlo bajo la cubierta de bosque, considerando que se localizan en zonas montañosas. Por su parte, los Andosoles tienen un alto potencial para la producción agrícola, son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua; en pendientes pronunciadas se conservan mejor bajo la cubierta de bosque. Ambos tipos de suelo están entre los más productivos de las zonas templadas (IUSS, 2007).

La relación de los elementos naturales y antrópicos en el espacio hacen que el territorio se vuelva complejo, resultando una convergencia funcional, pero muchos de estos espacios comienzan a degradarse por la intensificación de la actividad minera.

Como se había mencionado, el distrito de Temascaltepec está localizado en una de las áreas con mayores recursos naturales de México, lo que permite hacer énfasis en las consecuencias de los efectos que ocasionaría al implementar el método de minería a cielo abierto. Los espacios destinados para otros tipos de uso de la cubierta del terreno estarían influenciados y determinados por la actividad minera en la zona.

El área concesionada para fines extractivos mantiene altos valores ambientales²⁰ (80%) y también espacios en donde se emplean políticas de conservación, aprovechamiento no forestal y estímulos económicos para los propietarios correspondientes. Aun cuando existen zonas donde se desarrollan actividades turísticas y agrícolas, estos tipos de actividades en zonas rurales contribuyen a la identidad de los habitantes y se verían amenazados con la llegada de la minería a gran escala, rompiendo todos los sistemas de productividad y conexión local (figura 30 como referencia). La falta de claridad de la compañía minera en las propuestas de integración y en los beneficios que aportaría a la población, han propiciado el descontento y la incertidumbre entre los mismos habitantes logrando la cristalización de conflictos internos no convenientes.

²⁰ En un análisis multicriterio se asignaron pesos a diferentes elementos del territorio (cubierta del terreno, relieve, ríos, asentamientos humanos) resultando las áreas de valor ambiental y áreas donde se practica alguna actividad económica.

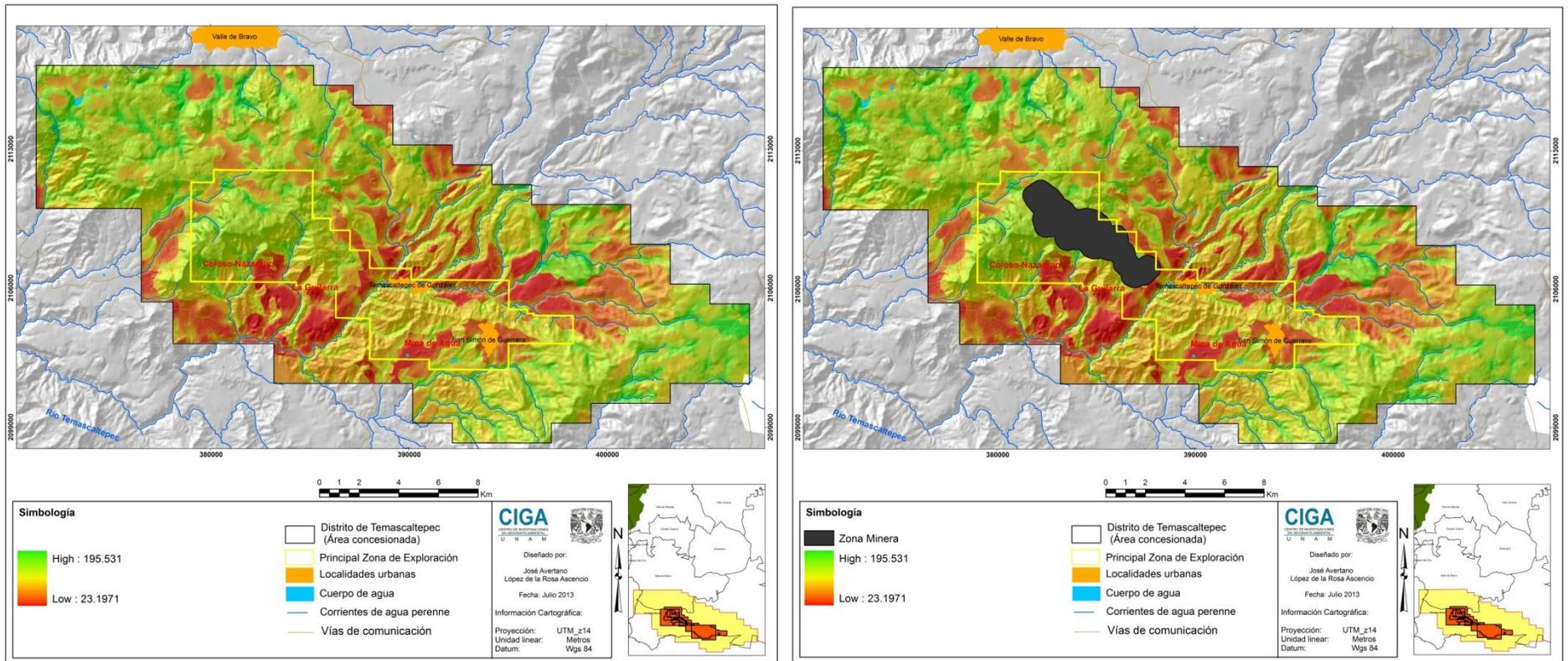


Figura 30: Áreas con valor ambiental intervenidas por la actividad minera a cielo abierto.

Cambios en la morfología del paisaje

En la fase posterior del desmonte se procede a la extracción de material rocoso que no tiene valor económico, lo que provoca la formación de cavidades conocidas comúnmente como tajos a cielo abierto; el material sin valor es depositado en espacios llamados terreros, formando montículos que sobresalen en el paisaje local.

La morfología local es modificada de manera evidente debido a las toneladas de material removido como parte de las tareas de construcción del tajo a cielo abierto, es decir, las vías de comunicación, apertura de pozos, galerías, zanjas y excavaciones diversas.

En el informe técnico presentado por la compañía minera estiman que el volumen de material extraído anualmente para el procesamiento del mineral llega a alcanzar los mil millones de toneladas, en los primeros nueve años se estaría removiendo poco menos de 10 mil millones, material suficiente para deformar el paisaje local (cuadro 11). Los tajos están proyectados para tener un radio que va de los 500 a los 700 m y profundidades de 300 m, todo depende de la localización del mineral (Clark *et al.*, 2010).

Volumen de extracción de material por año.	
Años	Millones de Toneladas
1	1,030
2	1,051
3	1,051
4	1,050
5	1,051
6	1,050
7	1,049
8	1,050
9	627
Total	9,009

Cuadro 11: Programa de extracción de material rocoso por año (Clark *et al.*, 2010).

Considerando el arreglo espacial de las instalaciones y el volumen de material extraído, se diseñó un posible escenario del territorio después de nueve años de explotación minera, lo que deja a relucir grandes cavidades, montículos de material, alteración a ríos con escurrimiento permanente y una degradación en sus alrededores (ver figura 31).

Los rasgos morfológicos locales del paisaje suelen representar la identidad del territorio para los pobladores debido a las prácticas culturales y actividades económicas que desarrollan. Es importante mencionar que el informe técnico publicado por la compañía minera no hace mención de las tareas de mitigación sobre los impactos ambientales durante y después de la explotación del mineral.

Antes

Después

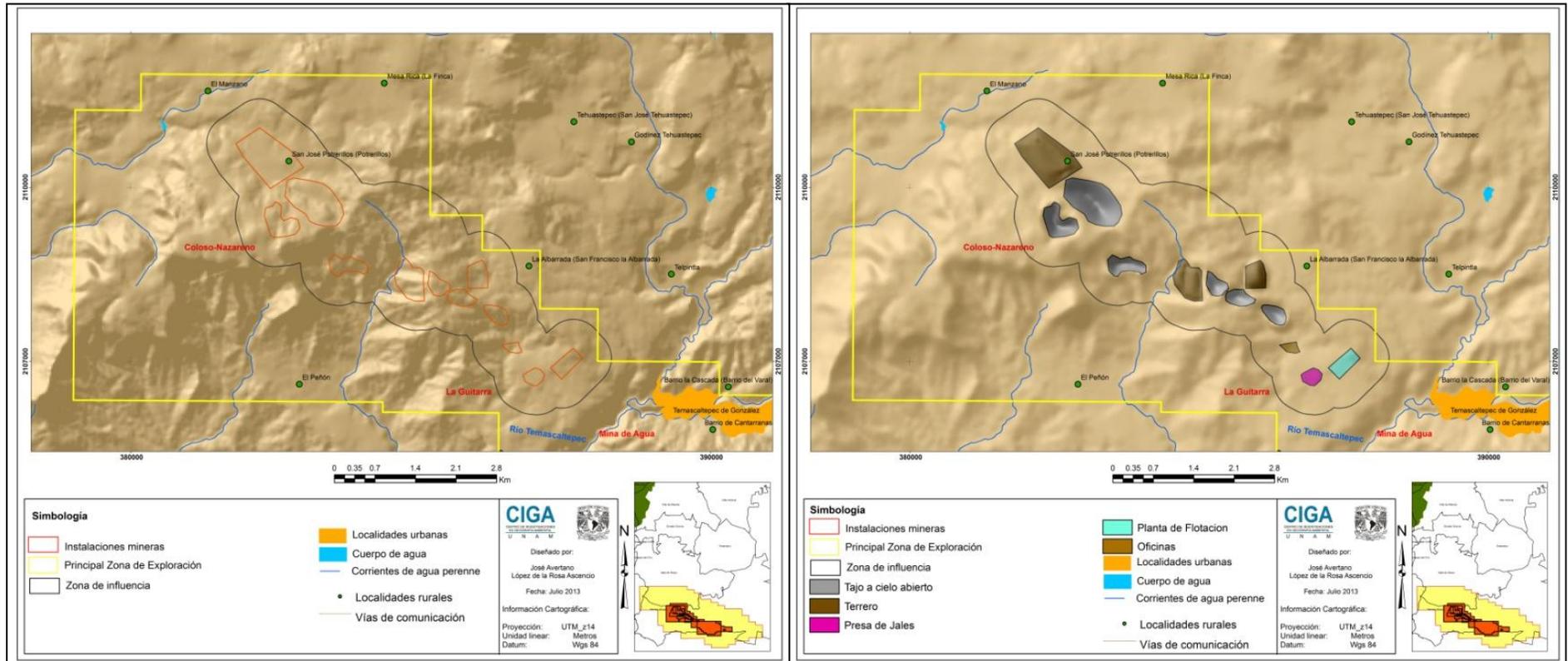


Figura 31: Escenario prospectivo geomorfológico del distrito minero en Temascaltepec.

El paisaje como recurso natural

Las modificaciones morfológicas se traducen en impactos al paisaje; sin embargo, no es fácil medirlas cuando no se tiene una previa identificación de los elementos que la integran, o una línea de interés establecida.

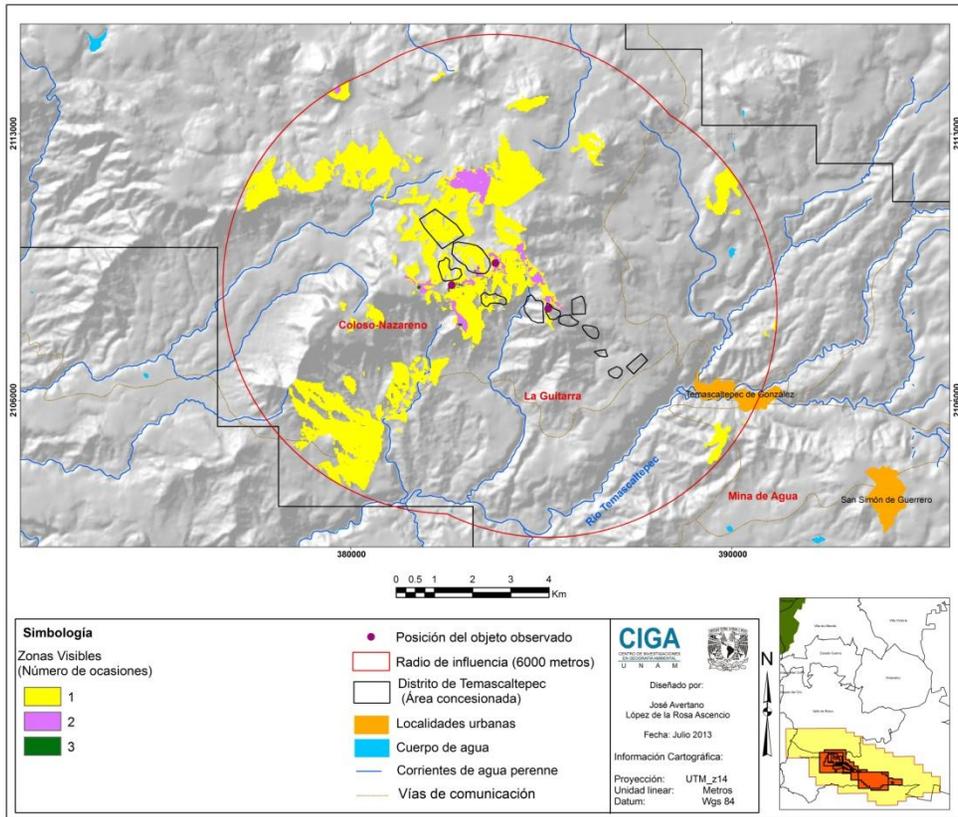
El paisaje del distrito minero de Temascaltepec tiene pendientes que van de los 5° a los 25°, y zonas de hasta 66° (laderas del cerro el Peñón); el 90% de la cubierta natural ostenta bosques nativos, y el 10% fragmentos de zonas agrícolas, dando como resultado paisajes con buena calidad visual.

El cambio morfológico en el paisaje mencionado implica una degradación y fragmentación de sus elementos. Como ya se había mencionado, la zona tiene un alto valor ambiental que ha servido para regular muchos de los ciclos naturales y económicos de la región. Por ejemplo, la adaptación en el aprovechamiento de recursos no forestales y el pago por servicios ambientales y programas productivos encaminados a los habitantes de las diferentes comunidades. La implementación de la minería a gran escala tendría un largo alcance nocivo local y regional (con el supuesto de que toda actividad humana genera un impacto positivo o negativo sin importar el tema que lo describa).

En el primer caso del análisis realizado sobre el alcance visual²¹ en el paisaje de los tajos en la superficie (objeto observado), se puede concluir que en un radio de 6 km (un poco menos de 15 mil hectáreas) el 30% del tajo observado es visible, mientras tanto las zonas más perceptibles se localizan hacia el suroeste - noroeste del área concesionada (ver figura 32 A). A pesar de que el porcentaje antes mencionado podría parecer poco relevante, en términos de degradación paisajística representa una proporción significativa que a simple vista llama la atención por poseer rasgos físicos ajenos e incomparables con el resto del entorno.

²¹ Debemos recordar que el alcance visual en este primer escenario no incluye la cubierta del terreno, misma que sería un obstáculo en la visibilidad real.

A



B

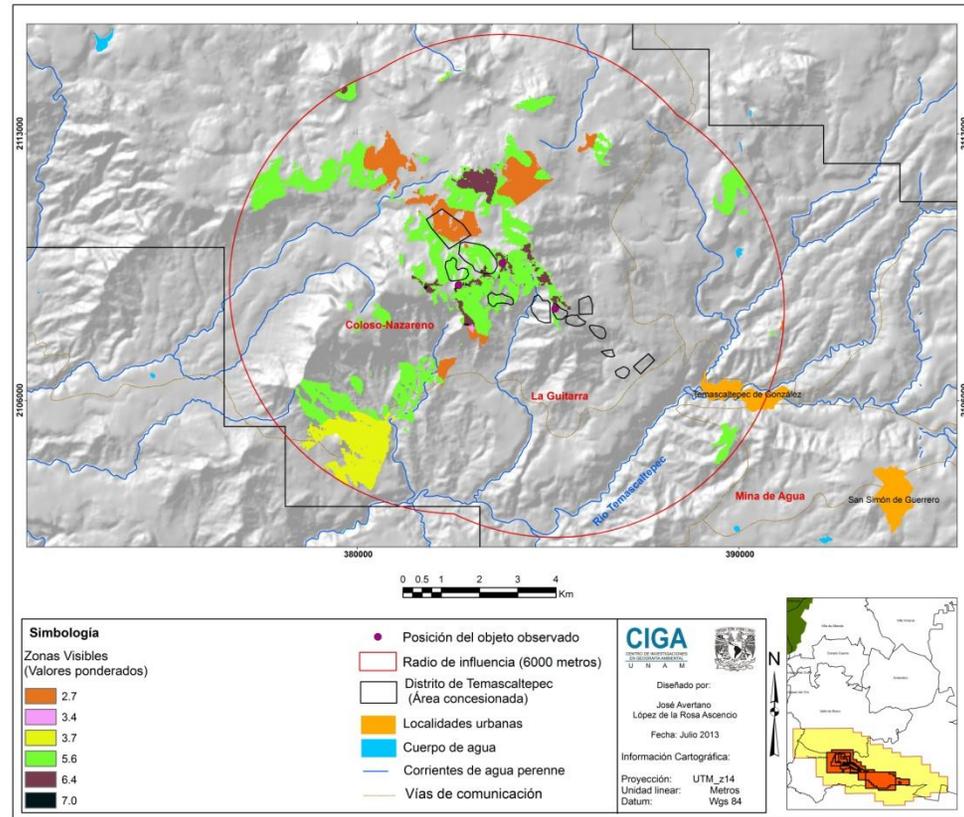


Figura 32: Intervisibilidad de los tajos en el paisaje del distrito minero de Temascaltepec.

Para el segundo escenario se consideró la ponderación de la cubierta del terreno dentro del mismo radio de 6 km; los resultados en este caso, no fueron menos alentadores que los anteriores. Se identificaron pocas áreas con muy alta perturbación escénica (menos del 2%) y zonas con alta perturbación (15%) que corresponden a bosques de pino-encino²² (figura 32 B).

Como se puede apreciar, el paisaje está intrínseco en la minería superficial, por ello es uno de los elementos más afectados a corto plazo; actualmente la presa de jales del distrito minero de Temascaltepec puede ser observada desde diferentes puntos del territorio debido a sus dimensiones (20 m de alto por 300 m de largo). Es importante mencionar que este tipo de objetos espaciales no solo rompen con la continuidad de la escena paisajística, sino que también representan un peligro ambiental a diferente escala (figura 33).



Figura 33: Panorámica del paisaje local en el municipio de Temascaltepec. En primer plano, la presa de jales rodeada de bosques de pino y encino (Foto propia, 2012).

²² Ver figura 28_A: Posibles paisajes mineros en el distrito de Temascaltepec.

5.3.- Riesgo en el abastecimiento de agua para las comunidades

En la minería el agua es un tema de discusión muy importante, esto se debe a que la industria requiere de grandes cantidades de este recurso para el desarrollo de sus actividades. La demanda de agua comienza desde las exploraciones y va aumentando conforme se avanza en la explotación del mineral, por lo que se requiere de grandes cantidades de líquido para el procesamiento del material rocoso, que además es mezclado con sustancias químicas (mercurio o cianuro) nocivas para la salud y el ambiente.

El recurso hídrico en el distrito de Temascaltepec es indispensable para satisfacer las necesidades de la población, tales como uso doméstico y agricultura de riego (este último cuando es requerido). La precipitación promedio de la región donde se ubica el distrito minero es de 1,300 mm anuales, lo que permite el abastecimiento de mantos acuíferos, arroyos, ríos, contenedores artificiales y naturales de la zona. Las características geomorfológicas, hidrogeológicas, cubierta del terreno y los grupos de suelos permite una alta permeabilidad en la zona que beneficia la recarga de los mantos acuíferos (Conagua, 2012).

Las filtraciones dentro del área concesionada convergen en dos acuíferos importantes: la región de Temascaltepec y Villa Victoria-Valle de Bravo. La principal área de explotación y exploración está situada dentro del acuífero de Temascaltepec²³ (superficie aproximada de 1,410 km²), en el cual se pretende hacer uso del agua para extraer el beneficio del mineral²⁴.

El acuífero de Temascaltepec tiene almacenados aproximadamente 5'844,394 m³ disponibles para el aprovechamiento de las necesidades cotidianas de los habitantes (3% uso doméstico, 6% uso de industrias, 20% uso público-urbano y el 71% agrícola)

²³ Los municipios que comprenden el acuífero son: Luvianos, Otzoloapan, Zacazonapan Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Tejupilco y Texcaltitlán, todos pertenecientes al Estado de México.

²⁴ Los posibles pozos de extracción del agua están dentro del Acuífero Temascaltepec: El Ojo de Agua, Barrio de Santiago y Tequesquipan.

(Conagua, 2008).²⁵ Dentro del mismo balance entregado por la dependencia de gobierno se menciona que el 7% (355,606 m³) ha sido otorgado en concesiones para otras actividades humanas. Este balance debe de ser recalculado para tomar en consideración el nuevo balance hídrico resultado de las alteraciones del desmonte de bosques y cubiertas de terreno que regulan la recarga del manto acuífero (podría denominarse como un déficit local).

Por su parte, la corporación minera pretende extraer anualmente 622,386 m³ de agua en temporadas de secas y 219,150 m³ en temporadas de lluvias, para procesar 1'009,000 toneladas de material. Estos datos no concuerdan con los estándares nacionales e internacionales en gasto de agua. En promedio se necesitan 1.42 m³ de agua por tonelada de material procesado (Mudd, 2007) por lo tanto la empresa minera necesita una cantidad aproximada de 1'432,780 m³ de agua anualmente, casi una cuarta parte de la disponible en el acuífero de Temascaltepec.

Existen 290 localidades en la zona del acuífero con un total 72,366 habitantes (figura 34) que se abastecen de agua entubada-potable o pozos en solares (patios traseros) para uso doméstico (INEGI, 2010). Esta misma población tendría una reducción potencial de 25% en su consumo de agua y resultarían con niveles más altos²⁶ de afectación las cabeceras municipales cercanas al proyecto minero, por ejemplo, Temascaltepec, Zacazonapan, Otzoloapan, por mencionar algunos municipios. Aun cuando existe casi el 75% de las localidades con nivel de afectación en el consumo de agua de muy bajo a bajo, esto perjudica las actividades cotidianas que se realizan en diversos centros de población a corto y mediano plazo (figura 35).

²⁵ En el informe de la dependencia del gobierno federal se otorga el derecho de explotar, usar o aprovechar el recurso natural, adicionalmente a la extracción ya concesionada sin poner en riesgo el abastecimiento y en peligro a los ecosistemas.

²⁶ La identificación de localidades potenciales de la reducción en el consumo de agua se obtuvo a través de los datos del INEGI (resultados del censo de población y vivienda de 2010), en el cual se hizo la relación porcentual de las localidades con servicios de agua potable que estaría dependiendo de los manantiales del acuífero, y la población total, para así determinar el nivel de afectación en el consumo de agua, asignando jerarquías de afectación: alto, medio, bajo y muy bajo (en dirección ascendente con mayor afectación).

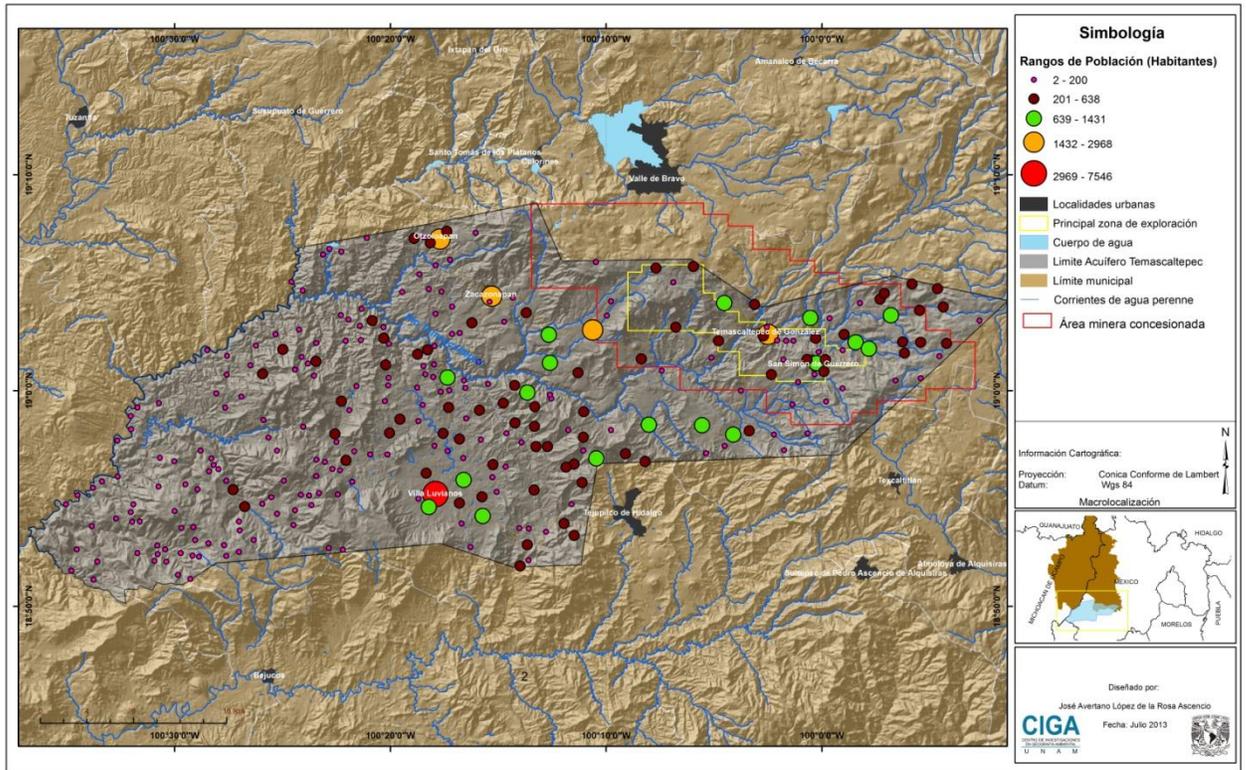


Figura 34: Localidades por numero de habitantes dentro del acuífero de Temascaltepec.

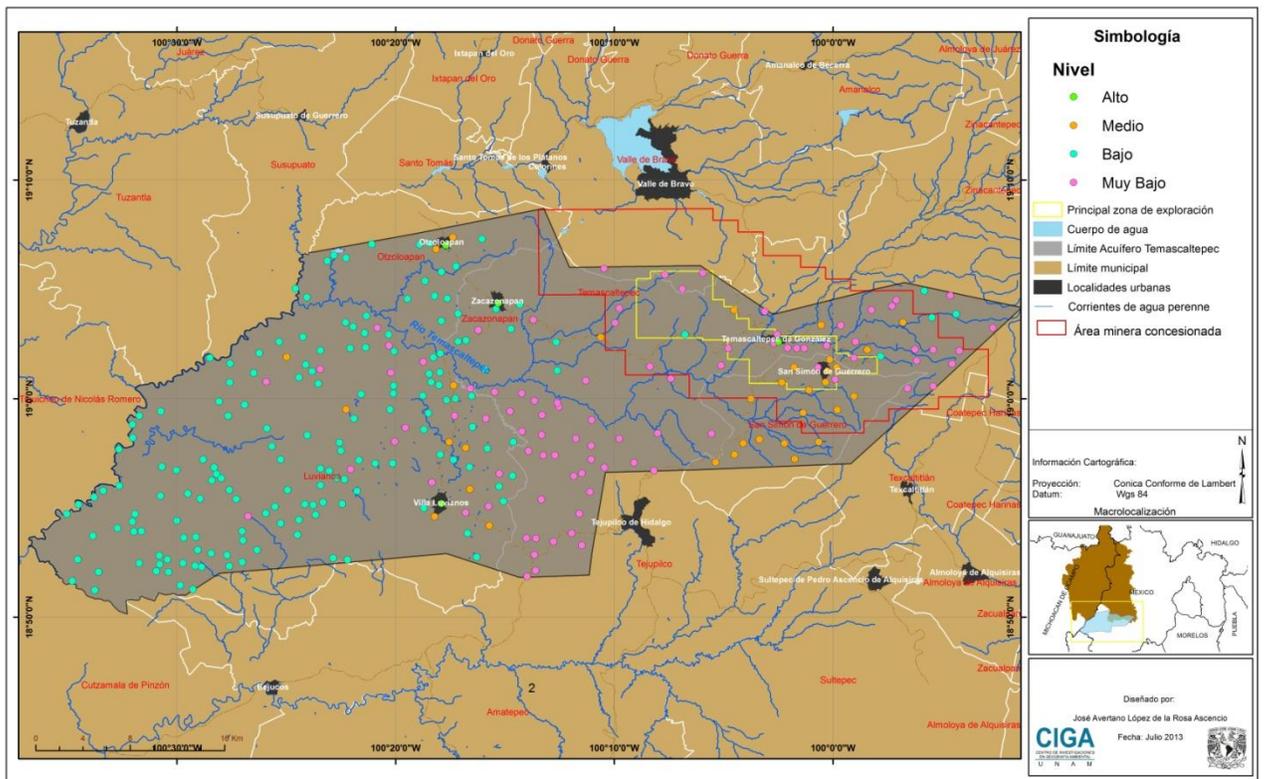


Figura 35: Desabasto de agua potable en las localidades del acuífero de Temascaltepec.

Elaboración propia con base en información de INEGI (2010).

5.4.- Componentes ambientales de la minería a cielo abierto: matriz de Folchi

Los cambios en el método de extracción propuestos para el distrito minero de Temascaltepec evidencian una serie de efectos secundarios para el territorio; como lo son posibles modificaciones en componentes ambientales, identificados dentro de la matriz de Folchi. Las acciones proyectadas por la compañía minera se estarían manifestando en un plazo de nueve años, en una primera etapa; de las cuales ya se han descrito.

El *paisaje* (86.3% de impacto global) es uno de los principales componentes ambientales a transformar, esto se basa por cuatro factores que lo trastocarían: exposición de la zona minera (50.0%), uso de la zona (20.0%), interferencia con aguas superficiales (7.5%) y aumento en el tráfico de la zona (8.8%). El paisaje del enclave minero puede considerarse como un elemento frágil de cualquier intervención antrópica; esto se debe a que existen cubiertas naturales (bosques de pinos-encinos) importantes. En el mismo sentido, los resultados de la matriz proyectaron al componente *Uso de la zona* con 80.7% a cambiar su estado pre-existente de los cuales estarían interfiriendo a partir de la exposición de la zona minera (33.3%) y la intervención en el uso de suelo (26.6%); más detalle en la gráfica 5 y cuadro 12.

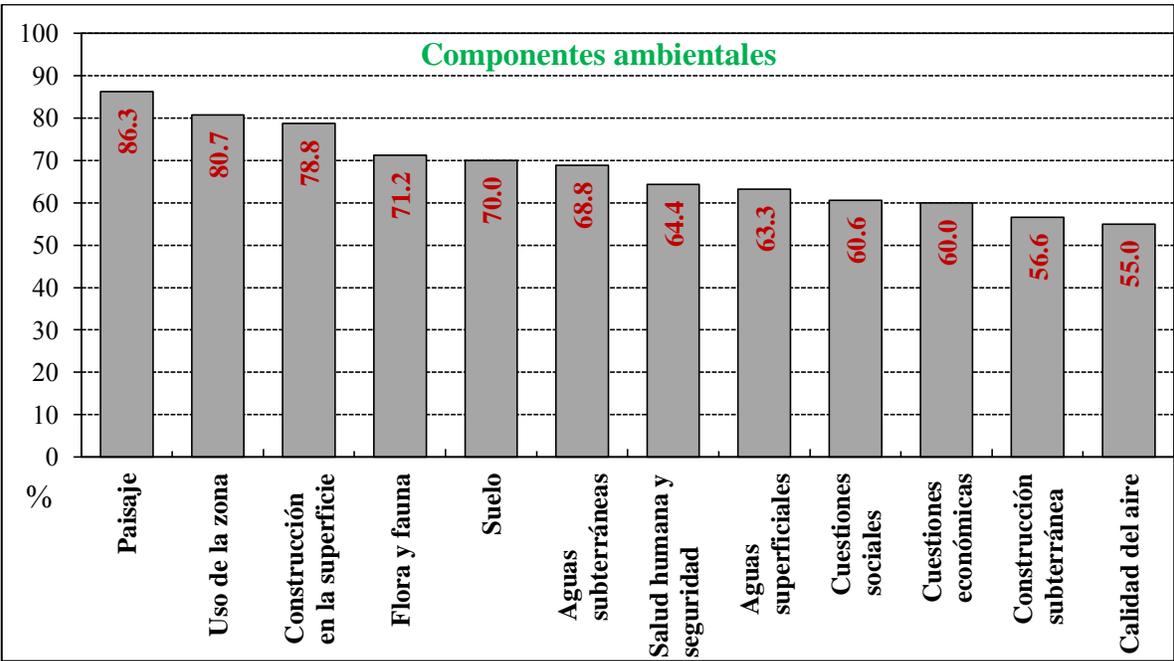
La implementación de los tajos, presa de jales y otras instalaciones se vuelven unidades importante en la minería a cielo abierto, que estarían modificando el componente ambiental *construcción en la superficie* situado en la tercera posición con 78.8% del impacto. Dichas unidades están asociadas a dos de los factores de impactos que lo determinarían dentro de la matriz: uso de suelo con el 40.0% y la exposición de la zona minera con el 25.0%; ver cuadro 12.

El distrito minero alberga áreas con altos valores ambientales (ver figura 30; pág. 78), ecosistemas naturales y suelos productivos, principalmente; esto nos lleva a explicar por qué el componente ambiental *flora y fauna* mantiene un alto porcentaje (71.2%) en posibles cambios de su estructura. Las causas principales de alteraciones serían: uso de suelo (20.0),

aumento en el tráfico de la zona (17.5%), interferencia con aguas superficiales (15.0%) y exposición de la zona minera (12.5%) (cuadro 12).

El resultado de la matriz también logra identificar a los componentes *sociales y económicos* en el rango de 60.0% del impacto global, lugar noveno y décimo dentro de todos los componentes ambientales abordados. No menos alentador, esto se debe a que juega un papel importante en la toma de decisiones que impactan directo al territorio.

La totalidad de los componentes ambientales tiene un porcentaje por arriba del 50% lo cual indica que existirían cambios importantes para la zona; esto se puede simplificar en que existen factores de impacto específicos inherentes a la actividad minera (grafica 5).



Gráficas 5: Componentes ambientales transformados a causa de la minería superficial. Elaboración propia.

Factores de impacto		Componente ambiental											
		Salud humana y seguridad	Cuestiones sociales	Aguas		Calidad del aire	Uso de la zona	Flora y fauna	Construcción		Paisaje	Suelo	Cuestiones económicas
				Superficiales	Subterráneas				Superficie	Subterránea			
1	Uso del suelo	12.8	5.0	17.8	35.5	0.0	26.6	20.0	40.0	0.0	20.0	20.0	0.0
2	Exposición de la zona minera	8.0	12.5	0.0	0.0	0.0	33.3	12.5	25.0	0.0	50.0	25.0	0.0
3	Interferencia con aguas superficiales	4.8	0.0	26.6	6.7	0.0	5.0	15.0	7.5	0.0	7.5	0.0	0.0
4	Interferencia con aguas subterráneas	2.4	0.0	13.3	26.6	0.0	0.0	3.7	0.0	26.6	0.0	0.0	0.0
5	Aumento en el tráfico de la zona	11.2	8.8	0.0	0.0	17.5	5.8	17.5	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
6	Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera	8.0	12.5	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Contaminación acústica	1.6	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Vibraciones del terreno	2.8	8.8	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0
9	Voladura de la roca	8.0	3.1	5.6	0.0	12.5	4.2	0.0	0.0	22.2	0.0	25.0	0.0
10	Empleo local	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
	Impacto global	64.4	60.6	63.3	68.8	55.0	80.7	71.2	78.8	56.6	86.3	70.0	60.0

Cuadro 12: Impacto global en los componentes ambientales de la minería a cielo abierto. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Distrito minero de Angangueo (Minería subterránea)

“El pueblo minero vuelve a ilusionarse”, así lo califica un habitante de Angangueo, al cuestionarlo sobre la reactivación de la minería en la zona. No es poco lo que han esperado los habitantes que se dedicaban a la actividad minera en la década de 1980, quienes a pesar de la fragmentación familiar, migración e incertidumbre laboral, buscan y esperan volver a los túneles subterráneos; estos dichos se dan después que Grupo México pretenda reavivar la actividad en la zona. Algo similar comprueba Rojas (2012) en su reportaje al señalar que en breve podría volver a reactivarse la operación de la mina, quienes pretenden hacerlo sin considerar a los pobladores de Angangueo, lo que significaría un acto de autoritarismo por parte de la compañía minera, propiciando una serie de conflictos sociales. El mismo autor señala la disyuntiva a la que se enfrentan los habitantes de esta región:

“Suelo rico, pueblo pobre. Ese parece ser el destino de mineral de Angangueo, que se niega a morir. Sin embargo, esa resistencia no se traduce en un mejor nivel de vida para sus habitantes, atrapados entre la disyuntiva del desempleo o ceder su tesoro subterráneo a una empresa que les promete progreso, pero puede resultar la misma historia de siempre: enriquecerse e irse”.

En la imagen siguiente se muestra una simulación de la posible localización de la planta beneficio en la comunidad de Angangueo (Industrial Minera México, 2005).



Figura 36: Simulación de las nuevas instalaciones mineras en Angangueo (Industrial Minera México, 2005).

Las instalaciones mineras pretenden ocupar 38.5 ha de las 5,983 ha concesionada en la superficie; localizadas principalmente en la zona de amortiguamiento de la RBMM. Debido a la cercanía con los bosques, solo dos ha serán desmontadas. Esto no sería ajeno a la zona, durante la estructuración del distrito minero de Angangueo fue necesario desmontar bosques así lo argumenta López-García y Alcántara-Ayala (2012). Sin embargo, el principal peligro identificado en el área de estudio son las presas de jales, debido a su estado actual como resultado del abandono de 20 años.

La presa de jales es un elemento principal en las actividades mineras, lo que representa un peligro latente para el territorio. En el informe técnico de Grupo México, la producción de beneficio del mineral será realizado en las mismas instalaciones. Los desechos mineros serán depositados en las antiguas presas de jales, previamente acondicionadas. De acuerdo con la

NOM-141 (Semarnat, 2003), la reutilización de depósitos de jales se clasifica como peligrosa y son generadores potenciales de elementos tóxicos.

Durante los recorridos en campo se lograron observar diferentes patrones de inestabilidad en las antiguas presas de jales, por ejemplo, intemperismo, ocasionado principalmente por procesos pluviales; escurrimientos superficiales de color café ferroso (por los antecedentes se podría aseverar que son próximos al óxido de hierro). Este mismo resultado concuerda con el informe técnico de la compañía minera, donde se describe los escurrimientos superficiales contaminados con residuos de zinc y plomo, que durante todo el tiempo de inactividad, fueron a encausar al Río Puerco (Industrial Minera México, 2005). Otro de los factores evidente es la escasa vegetación que presentan las cortinas de la presa, producido principalmente por la segregación de sus partículas físicas; manifestando cárcavas y superficies agrietadas.

Por otro lado, debido a las características del terreno y antecedentes de precipitación en la zona, la presa de jales es vulnerable a un rompimiento o derrame en sus cortinas, que tendría efectos adversos sobre el medio socio-ambiental. En el informe técnico de la compañía minera se reconoce la probabilidad de riesgo sobre el desbordamiento en una de sus cortinas a diseñar. Para ello, la simulación diseñada en este trabajo permitió conocer las áreas vulnerables; considerando los datos de la compañía y elementos espaciales dentro de la caracterización.

La dispersión de los residuos mineros alcanzaría una distancia aproximada de 3.5 km, cubriendo una superficie aproximada de 84 ha; afectando principalmente a cultivos de riego y temporal; áreas productivas muy importantes para el autoconsumo de sus habitantes. El peligro aumenta al entrar en contacto con el río Puerco, lo que representa un riesgo para la salud humana y de animales. Los resultados encontrados son similares a los mostrados en el cuadro 1 del primer capítulo, que en resumen muestran las distancias que llegan a alcanzar, donde son detonados principalmente por precipitaciones atípicas, y suelen aumentar hasta 50 km cuando se localiza un cauce (río o arroyo) cercano a la presa. Aun cuando la zona no ha presentado desbordamiento; existe antecedentes en otros sitios de México, por ejemplo, Puga *et al.*,(2006) quienes presentan el análisis de una presa de jales en Chihuahua y demuestran que en los primeros 600 m de la presa se localiza la mayor concentración de metales en el

suelo y esto disminuye cuando converge con un arroyo o río, aumentando el riesgo para las poblaciones, ya que es en este estrato edáfico donde se desarrollan plantas las cuales son consumidas por los animales y algunos de estos por el humano, entrando los metales a la cadena trófica.

Por último, en la aplicación de la matriz de Folchi se logró identificar componentes ambientales que cambiarían su estado preexistente con la reactivación de la minería subterránea en Angangueo. La *Flora y fauna* con 62.4% sería el principal componente, seguido de las *cuestiones económicas* con 60.0 % y en tercera posición el *paisaje* (57.5), los menos significativos, pero no menos relevantes, serían el *suelo* (32.5), *construcción en la superficie* (41.3) y *calidad del aire* (45.0); los bajos porcentajes pueden ser explicados debido a que las instalaciones mineras ya existen, por ello sus impactos en el territorio serían menores al 50% (en su mayoría).

Datos similares fueron reportados por Folchi (2003) en un escenario simulado para una mina metalúrgica; en la aplicación del método, los componentes identificados a una modificación preexisten son “uso del territorio” 47.1%, “ruido” 40% y “paisaje” 39.3%, concluye que las modificaciones a los componentes ambientales son mínimos, por lo tanto los cambios no causan alteraciones relevantes, el autor manifiesta que para considerarlos relevantes tendrían que tener un valor de 100%. Por su parte Monjezi *et al.*, (2009) aplica la matriz para cuatro minas metalúrgicas (cobre, oro y dos de hierro) en Irán siendo las minas de cobre las que más modificarían elementos del territorio, por ejemplo “calidad del aire” 100%, “suelo” 80% y “flora y fauna” 77.6%; la segunda más importante en cuanto a modificaciones fue la mina de oro.

Los anteriores casos de estudios determinaron que la actividad minera es una industria que modifica el territorio; basados en los factores de impacto que trastocan en algunos componentes ambientales. Es importante recordar que la matriz es una expresión cuantitativa de los impactos ambientales que produciría la actividad minera. Por lo tanto, se parte que toda actividad antrópica genera una alteración al paisaje.

Distrito minero de Temascaltepec (Minería a cielo abierto)

La compañía *Fisrt Majestic* tiene proyectado pasar a corto plazo de la minería subterránea a la minería a cielo abierto en el distrito de Temascaltepec. Estos cambios fundamentales se deben a la factibilidad de los yacimientos en plata y zinc, y pobres en contenidos de oro (Camprubí, 2003). Dichos cambios no son exclusivos de la zona, la minería a cielo abierto se está volviendo más predominante y recurrente en territorio nacional (Cárdenas, 2013). Durante la caracterización de los elementos del territorio en el distrito minero se identificaron importantes cambios espaciales para la región, como la pérdida de la cubierta del terreno y la alteración al paisaje, algo similar a lo registrado históricamente por Cañizares (2000) cuando los operadores de la mina Puertollano, en España, deciden hacer un giro en el método de explotación (minería subterránea a cielo abierto).

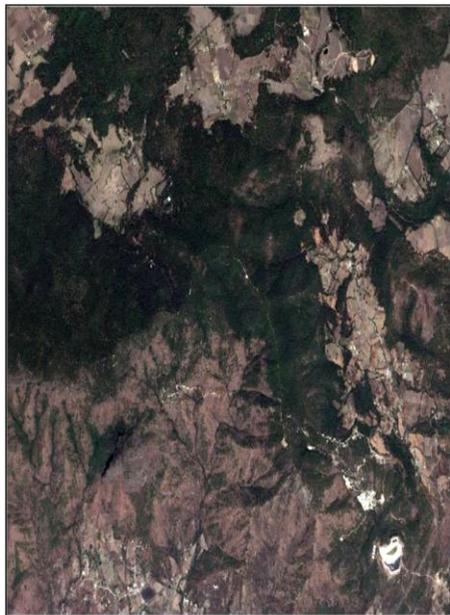
Como ya se había mencionado, el distrito minero de Temascaltepec tiene una superficie concesionada de 39,715 ha, donde prevalecen los bosques de pino-encino (21,458 ha), seguido de la agricultura de temporal (8,179 ha) (ver más en cuadro 10). Respecto al desmonte ocasionado por la actividad minera, se obtuvieron tres escenarios: el primero presenta una disminución de 252 ha, en el segundo 476 ha y en el tercero de 1,465 ha, siendo los bosques de pino-encino los de mayor afectación (82%).

Análisis similares a los reportados por Larondelle y Haase (2012), en Alemania, que consistió en el diseño de tres escenarios posibles sobre el uso del suelo después de la actividad minera en un periodo de cien años, donde los principales resultados fueron la pérdida de cubierta forestal, disminución de tierras cultivables y déficit en captación de agua; los autores proponen crear un plan de mitigación en zonas afectadas por la industria minera.

Durante la extracción del material la zona se irá formando concavidades (cráteres) que van afectando los elementos sistemáticos y morfológicos de las áreas circundantes, alterando de esta forma el paisaje local. Derivado de estas modificaciones del terreno en el distrito minero de Temascaltepec, estos elementos van sobresaliendo a corto plazo en el paisaje, lo cual fue importante determinar su alcance en términos visuales. Los resultados en el área de estudio

indican que el alcance visual en el paisaje de los tajos es de 30% en un radio de 6 km, considerando que se localiza en una zona con altos valores de servicios ambientales, este porcentaje es perturbador para el entorno. Muy cercano a lo reportado por Menegaki y Kaliampakos (2012) para el caso de las minas de Irán en un radio de 8 km, donde el área de impacto visual es de 38%. La diferencia de resultado puede estar dada por la topografía de las respectivas áreas y el radio de análisis. Larondelle y Haase (2012) y Mouflis *et al.*, (2008) indican que los paisajes ecológicos son frágiles y se degradan con facilidad a medida que se está interviniendo con la minería.

En los recorridos de campo se lograron observar áreas deforestadas y suelos desnudos con presencia de erosión eólica e hídrica; los detonantes identificados son la apertura de caminos y trabajos en la cercanía del proyecto minero que operan en la zona. El deterioro de las áreas circundantes de la mina no es exclusivo de este proyecto minero. Kleeberg *et al.*, (2008) analizó durante un año una parcela sin vegetación derivado de un paisaje minero y logró identificar surcos superficiales que fueron creados por las precipitaciones, aumentando la tasa de erosión.



Actual (año 2013)



Escenario prospectivo (año 2023)

CONCLUSIONES

El paisaje actual del enclave minero de Angangueo permite conocer la complejidad de la actividad en la zona, pero sobre todo, se puede concluir que son industrias flotantes que pueden llegar a desaparecer del territorio local dejando huella en el territorio de manera permanente. La nueva propuesta de Grupo México para la reactivación de la minería tradicional a la industrial en Angangueo representa un peligro a los sistemas ambientales del entorno, donde destaca la antigua presa de jales que estuvo inactiva más de veinte años, la cual ya presenta deterioro en sus cortinas, y escurrimientos de sus agregados. A todo lo anterior se podría estar sumando un escenario de peligro por desbordamiento de jales en un evento hidrometeorológico atípico para la zona, lo que afectaría no sólo estratos edáficos, sino también aguas del río Puerco; al igual se contaminaría usos de suelos dedicados a la agricultura de riego. Esto representa un riesgo latente en la zona que debe ser estudiado más a fondo para poder determinar cuáles son las circunstancias reales para los pobladores expuestos.

Respecto a la nueva minería a cielo abierto en Temascaltepec, independientemente de sus objetivos económicos de la compañía minera; sus acciones a emprender. La remoción de 9 mil millones de toneladas de tierra en los primeros nueve años, repercutirá en cubiertas de pino-encino lo cual provocaría transformación en la recarga de acuíferos, acelerando procesos de erosión, la pérdida de suelo; el incremento en el tráfico vehicular implicaría ruidos y vibraciones del terreno que perturbarían la estabilidad de la zona. La nueva minería aumentaría los riesgos en el desabasto de agua potable que son destinadas para el consumo doméstico de las poblaciones; el aumento de residuos mineros; y la alteración evidente al paisaje natural.

La matriz de Folchi sintetizó los resultados antes descritos, mostrando la vulnerabilidad del componente ambiental *flora y fauna* en el distrito minero de Angangueo; y la fragilidad del *paisaje* en el distrito de Temascaltepec. Es importante tomar medidas de mitigación para la zona debido a la cercanía de las áreas naturales bajo sus diferentes categorías, por ejemplo, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. El método aplicado puede ser una herramienta

importante para la formulación y desarrollo de la regulación ambiental en la zona, sin embargo se deben considerar los siguientes puntos:

Ventajas de la matriz:

- 1.-Simplifica el análisis cuantitativo a través de dos variables evidentes: Factores de impacto y componentes ambientales.
- 2.-Es manipulable y flexible en la evaluación de los impactos ambientales derivados de la actividad minera.

Desventajas de la matriz:

- 1.-Los datos y variables sugeridos son producto del objetivo de la presente investigación.
- 2.-Considera en su mayoría variables socio-ambientales descartando enfoques importantes como económicas; limitando el estudio.

Por último, los resultados aquí mostrados sirven como base para conocer algunos alcances de la actividad minera. Sin embargo es importante mencionar que aún existen interrogantes abiertas que deben ser consideradas y respondidas bajo diferentes enfoques, por ejemplo aspectos sociales (flujos poblacionales), económicos (fuerza laboral), políticos (sociedad con actores políticos de la zona) o ecológicos (influencia de la actividad minera en las áreas de hibernación de la mariposa monarca), químicos (análisis de sedimentos cercanos a la población). Esto ayudará a comprender mejor la dinámica del territorio para ambos distritos mineros.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S. S., y Mohamed, R. (2011). Environmental Impacts of Mining Operations A Case Study: Monitoring the Impacts at Abu Tartour Phosphate Mine, Egypt. *International Journal of Environmental Protection*, 1(4), 1-6.
- Amstrong, J. R., y Menon, R. (s.f.). En J. R. Amstrong , y R. Menon, *Minas y Cantera* (págs. 1-64). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Recuperado el 13 de enero de 2012, de http://www.empleo.gob.es/es/publica/pub_electronicas/destacadas/enciclo/general/contenido/tomo3/74.pdf
- Barrera de la Torre, G. (2013). El paisaje de Real de Catorce: un despojo histórico. *Investigaciones geográficas*, (81), 110-125. Recuperado en 22 de mayo de 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112013000200009&lng=es&tlng=es.
- Berrezueta, Alvarado, E. y Domínguez Cuesta, M. J. (Ed.). (2010). *Técnicas aplicadas a la caracterización y aprovechamiento de recursos Geológico-Minero* (Vol. 1: Descripciones Metodológicas). Oviedo: Red Minera XXI.
- Bobinska, K. (1972). Estructura agraria de México después de la realización de la reforma agraria. *Estudios Latinoamericanos*, 1, 44-100.
- Cabello, A, C., Landauro S, E., y Bedia, C. (2008). Caracterización del funcionamiento hidrogeológico de la unidad minera a cielo abierto Comarsa-perú aplicando tecnologías geomáticas. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 11(21), 40-50.
- Cámara Minera de México. (2013). *Informe anual*. México.
- Cámara Minera de México. (2013). *México País Minero*. México.
- Camprubí, A. (2003). Geoquímica de fluidos de los depósitos epitermales del sureste del Distrito de Temascaltepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(2), 107-123.
- Canet, C. y Camprubí, A. (2006). Yacimientos minerales: los tesoros de la tierra: Fondo de la Cultura Económica, México DF, México, 232 p

- Cañizares, Ruíz, M. D. (2000). Cambios Recientes y efectos espaciales de la actividad minera en Puertollano (Ciudad Real). *Departamento de Geografía y O.T. Facultad de Ciudad Real* (52), 161-174.
- Cárdenas, J. (Enero-Junio de 2013). La minería en México: Despojo a la Nación. *Revista Mexicana de Derecho Constitucional* (28), 35-74.
- Cardoza, Vázquez, R., Cuevas Flores, L., García Carreón, J. S., Guerrero Herrera, J. A., Gonzalez Olarte, J. C., Hernández Méndez, H., Vázquez Martínez, C. M. (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales: Manual de obras y practicas (3a ed.). Zapopan: CONAFOR.
- Carranza, Sánchez, J., Paniagua Ruíz, I., Ocegüera Salazar, K. A., y Ruíz Paniagua, L. (2010). Análisis del impacto por la 5ª tormenta invernal del 2010, en la reserva de la biosfera “Mariposa Monarca” ante el Cambio Climático Global . Morelia: CONANP.
- Carsjens, G. J., y Der, Knaap, W. v. (2002). Strategic land-use allocation: dealing with spatial relationships and fragmentation of agriculture. *Landscape and Urban Planning*, 58, 171-179.
- Castro- Larragoitia, J., Kramar, U. y Puchelt, H. (1997). 200 years of mining activities at La Paz/San Luis Potosí/México. Consequences for environment and geochemical exploration: *Journal of Geochemical Exploration*, 58, 81–91.
- Chávez, T, C., Castro, L, J., Díaz-Barriga, M, F., y Monroy, F, M. (2011). Modelo conceptual de riesgo ambiental por arsénico y plomo en el distrito minero de Santa María de La Paz, San Luis Potosí, México. *e-Gnosis*, 9, 1-25.
- Chávez, R., Lara, F., y Sención, R. (2006). El agua subterránea en México: condición actual y retos para un manejo sostenible. *Boletín Geológico y Minero*, 117(1), 115-126.
- Choi, Y., y Hyeong-Dong, P. (2008). Flood and gully erosion problems at the Pasir open pit coal mine, Indonesia: a case study of the hydrology using GIS. *Bull Eng Geol Environ*, 67, 251-258.
- Clark, G. R., Eng, P., Thornton, C. J., y Saimm. (29 de Enero de 2010). *La Guitarra Mine Technical Report*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2011, de Genco: <http://www.gencoresources.com/i/pdf/corporatepresentation.pdf>

- CONAGUA. (Diciembre de 2008). *Determinación de La disponibilidad de agua en el acuífero 1509 Temascaltepec, Estado De México*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <http://www.cna.gob.mx/>
- Dammert, Lira, A., y Molinelli, Aristondo, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. OSINERGMIN, Lima.
- Delgado, Ramos, G. C. (Coord.). (2010). América Latina y el Caribe como reservas estratégicas de minerales. En G. C. Delgado Ramos, *Ecología Política de la Minería en América Latina: aspectos socioeconómicos, legales y ambientales de la mega minería* (págs. 17-57). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Delgado, Ramos, G. C. (Enero-Abril de 2010). La gran minería en América Latina, Impactos e Implicaciones. *Acta Sociológica* (54), 17-47.
- Delgado, Ramos, G. C. (1-15 de Enero-Febrero de 2012). América latina en disputa. *Extractivismo minero, conflicto y resistencia social*. México (265), 60-84.
- Dillon, U., y Blackwell, G. (Marzo de 2003). The use of a geographic information system for open pit mine development. *Boletín*. Ontario, Canadá 96(1069), 119-121.
- Duque, Escobar, G. (2003). Introducción a la Geología. En *Manual de geología para ingenieros* (págs. 1-489). Universidad Nacional de Colombia.
- Enciso, A. (Diciembre de 2011). México. Actividad minera, veta de desastre ambiental. *La jornada*, págs. 1-4.
- Environmental Law Alliance Worldwide. (2010). *Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros* (1 era ed.). U.S.A.: Alianza Mundial de Derecho Ambiental.
- Ersoy, A., Yunsel, T. Y., y Cetin, M. (2004). Characterization of Land Contaminated by Past Heavy Metal Mining Using Geostatistical Methods. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*(46), 162-175.
- Esri, (Environmental Systems Research Institute, Inc.), 1995-2015. Consultado en línea, acceso el 20 Mayo 2015: <http://resources.arcgis.com/es/help/>
- Folchi, D, M. (2001). Conflictos de contenido ambiental y ecologismo de los pobres: no siempre pobres, ni siempre ecologistas. *Social*.
- Folchi, R. (2003). Environmental impact statement for mining with explosives: A QUANTITATIVE METHOD. *I.S.E.E. 29 Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*. Nashville, Tennessee, U.S.A.

- Garibay, Orozco, C. (2010). Paisajes de acumulación minera por desposesión campesina en el México actual. En Delgado Ramos, G. C. (Coord.), *Ecología Política de la Minería en América Latina* (págs. 133-182). México.
- Garibay, C., Boni, A., Panico, F., y Urquijo, P. (2011). Unequal Partners, Unequal Exchange: Goldcorp, the Mexican State, and Campesino Dispossession at the Peñasquito Goldmine. *Journal of Latin American Geography*, 10(2), 153-176.
- Gomez de Silva, Garza, H. (1997). Análisis Avifaunístico de Temascaltepec, Estado de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 68(1), 137-152.
- Gómez-Álvarez, A., Villalba-Atondo, A., Acosta-Ruíz, G., Castañeda-Olivares, M., y Kamp, D. (2004). Metales pesados en el agua superficial del río San Pedro durante 1997 y 1999. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 20(1), 5-12.
- González, Sánchez, F., y Camprubí, A. (2010). La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(1), 101-108.
- Grupo México. (1 de julio de 2013). *Grupo México*. Obtenido de <http://www.gmexico.com/>
- Gutiérrez-Ruíz, M., Romero, F. M., y González-Hernández, G. (2007). Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(2), 170-184.
- Huang, X., Sillanpää, M., Gjessing, E. T., Peräniemi, S. y Vogt, R. D. (2010). Environmental impact of mining activities on the surface water quality in Tibet: Gyama valley. *Science of the total environment*. Vol. 408, Issue 19, 4177–4184
- Hüttl, R. F. (1998) Ecology of post strip-mining landscapes in Lusatia, Germany. *Environmental Science and Policy*. Vol. 1, 129-135
- Industrial Minera México, S. A. de C. V. (Abril de 2005). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular Angangueo, Michoacán. México.
- INEGI. (2000). *Censo general de población y vivienda*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- INEGI. (2013). *Economía*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www3.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=23824>

- IUSS, Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Roma: FAO.
- Jiménez, C., Huante, P., y Rincón, E. (Octubre de 2006). *Restauración de minas superficiales en México*. Recuperado el 5 de octubre de 2012, de SEMARNAT: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/publicaciones/Publicaciones/MINAS.pdf>
- Kleeberg, A., Schapp, A. y Biemelt, D. (2008). Phosphorus and iron erosion from non-vegetated sites in a post-mining landscape, Lusatia, Germany: Impact on aborning mining lakes. *Catena*, 72(3), 315–324.
- Krause, C. L. (2001). Our visual landscape managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape Urban Plann*, 54, 239-254.
- La Guitarra Compañía Minería S.A. de C.V. (2011). *Proyecto de Exploración minera barrenación a diamante El Nazareno, unidad minera La Guitarra municipio de Temascaltepec, Estado de México. Informe Técnico*, Temascaltepec.
- Larondelle, N. y Haase, D. (2012). Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach-An example from Germany. *Ecological Indicators*, 18, 567–574.
- Ley Minera. (1992). México: Diario Oficial de la Federación.
- López, Bárcenas, F., y Eslava Galicia, M. M. (2011). *El Mineral o La vida: La legislación minera en México* (1 era ed.). California: Pez en el árbol.
- López, Bermúdez, F. (1987). Morfología derivada de la minería a cielo abierto en la Sierra de Cartagena. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 133-144.
- López-García, J. J. y Alcántara-Ayala, I. (2012). Land-use change and hillslope instability in the monarch butterfly biosphere reserve, central Mexico. *Land degradation & evelopment*. 23, 384–397
- Macklin, M. G., Brewer, P., Hudson-Edwards, K., Bird, G., Coulthard, T. J., Dennis, I., Turner, J. N. (2006). A geomorphological approach to the management of rivers contaminated by metal mining. *Geomorphology*, 79(3-4), 423–447.
- Manzo, Delgado, L. L. y López, García, J. (1997). Geoecosistémico de la cuenca del río Temascaltepec, Estado de México. *Investigaciones Geográficas*. Núm. 34.

- Martín, Duque, J. F., Pedraza, J., Díez, A., Sanz, M. A., y Carrasco, R. M. (1998). A geomorphological design for the rehabilitation of an abandoned sand quarry in central Spain. *Landscape and Urban Planning*, 1-14.
- Mejía, J., Carrizales, L., Rodríguez, V., M., Jiménez-Capdeville, M., E. y Díaz-Barriga, F. (1999). Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud pública de México*. 41. supl. 2. S132-S140.
- Menegaki, M. E., y Kaliampakos, D. C. (2011). Evaluating mining landscape: A step forward. *Ecological Engineering*, 43(1867), 26-33.
- Miret, M. F. (2011). *Minas en Movimiento*. Distrito Federal, México: Secretaría de Economía.
- Mirmohammadi, M., Gholamnejad, J., Fattahpour, V., Seyedsadri, P., y Ghorbani, Y. (2009). Designing of an environmental assessment algorithm for surface mining projects. *Journal of Environmental Management*, 2422-2435.
- Molina, J., Tudela, M. L., Cano, M. P. y Bueno, M. J. (2001). Minimización del impacto paisajístico demostración teórica y práctica, 33, 123–131.
- Monjezi, M., Shahriar, K., Dehghani, H., y Samimi, N. F. (2009). Environmental impact assessment of open pit mining in Iran. *Environ Geol*(58), 205-216.
- Monroy-Vilchis, O., y Mundo, V. (2009). Nicho trófico de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en un ambiente modificado, Temascaltepec, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 801-806.
- Montiel, A. K. y Villarreal, L. M. (2004). Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la isla de Toas, Estado. Terra. Vol. XX, Núm. 29, 24, 55-71
- Moreno, Tovar, R., Téllez, Hernández, J. y Monroy, Fernández, M. G. (2012). Influencia de los minerales de los jales en la bioaccesibilidad de arsénico, plomo, zinc y cadmio en el distrito minero Zimapán, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28 (3), 203-218.
- Mouflis, G. D., Gítas, I. Z., Iliadou, S. y Mitri, G. H. (2008). Assessment of the visual impact of marble quarry expansion (1984–2000) on the landscape of Thasos island, NE Greece. *Landscape and Urban Planning*, 86 (1), 92–102.
- Mudd, G. (2007). Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability. *Resources Policy*, 32, 42-56.

- Muro, Ruíz, E. (2005). La minería mexicana, su evolución, retos y perspectivas. Congreso Internacional de Derecho Comparado, 4 al 6 de octubre, disponible en: <http://www.juridicas.unam.mx/sisjur/dercompa/pdf/2-103s.pdf>
- O-Villanueva, M., Meza-Figueroa, D., Maier, R. M., Moreno, D., Gómez-Alvarez, A., Río-Salas, R., Mendivil, H. y Montijo, A. (2013). Procesos erosivos en jales de la Presa I de Nacozari de García, Sonora y su efecto en la dispersión de contaminantes. *Boletín de la sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 27-38.
- Olivos, Campos, R. (1999). La administración pública en el estado de Michoacán: 1917- 1998. Estudios políticos, núm. 22, Cuarta época.
- Pacheco, Gutiérrez, L. A., y Durán de Bazúa, M. (2006). El Agua en la industria minera mexicana parte 1. Balance de materia en una empresa cooperante. *Tecnol. Ciencia Ed (IMIQ)*, 21(2), 96-102.
- Pérez, Escutia, R. A. (2010). Volver a empezar: La Reactivación de la minería en Tlalpujahua y Angangueo, 1821-1860. *Diplomado de la Historia Regional del Noreste de Michoacán, 2009-2010*. Michoacán.
- Promoviente Minera Peñasquito, S.A. de C.V. (Septiembre de 2006). Recuperado el 14 de abril de 2012
- Puga, S., Sosa, M., de la Mora, A., Pinedo, C. y Jiménez, J. (2006). Concentraciones de As y Zn en vegetación nativa cercana a una presa de Jales. *Rev. Int. Contm. Ambient.* 22(2), 75–82.
- Ramos-Arroyo, Y. R., Prol-Ledesma, R. M. y Siebe-Grabach, C. (2004). Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. 268–284.
- Ramos-Arroyo, Y. R., y Siebe, Grabach, C. D. (2006). Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(1), 54-74.
- Ramos-Gómez, M., Avelar, J., Medel-Reyes, A., Yamamoto, L., Godínez, L. y Ramírez, (2012). Movilidad de metales en jales procedentes del distrito minero de Guanajuato, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28(1), 49–59.
- RAN. (2012). *Procede*. Obtenido de Registro Agrario Nacional: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php>

- Rodríguez Pacheco, R. L. (Junio de 2002). Estudio experimental de flujo y transporte de cromo, níquel y manganeso en residuos de la zona minera de Moa (Cuba): influencia del comportamiento hidromecánico. *Tesis*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Rojas Rodríguez, R. (12 de Febrero de 2012). Angangueo, riqueza minera en disputa. *Cambio de Michoacán*, págs. 1-4.
- Samimi, Namin, F., Shahriar, k., y Bascetin, A. (2011). Environmental impact assessment of mining activities. A new approach for mining methods selection. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 27, 113-143.
- Sánchez, L. E. (1995). Manejo de residuos sólidos en Minería. En *Aspectos Geológicos de Protección Ambiental* (Vol. 1, págs. 239-250). Sao Pablo: UNESCO.
- Sariego, Rodríguez, J. L. (1992). Minería y territorio en México: tres modelos históricos de implantación socioespacial. *ERIA*. 29. 197-209.
- Secretaría de Economía. (marzo de 2010). *Concesiones mineras*. Obtenido de Secretaría de Economía: <http://www.economia.gob.mx/>
- Secretaría de Economía. (2012). *Diagnóstico de Empresas Mexicanas con Capital Extranjero en la Industria Minero Metalúrgica del país*. Estadístico, Secretaría de Economía, Dirección General de Desarrollo Minero.
- Sklenička, P., y Kašparová, I. (2008). Restoration of visual values in a post-mining landscape. *Journal of Landscape Studies*(1), 1-10.
- Sterescu, D. (8 de Febrero de 2011). *Silvermex announces big plans for La Guitarra mine in 2011*. Obtenido de Silvermex Resources: <http://www.silvermexresources.com/>
- Sommer, C. I., Fernández, L. P., Rivas, S. H. y Gutiérrez, R. M. E. (2000). La geoestadística como herramienta en estudios de contaminación de suelos. Análisis de caso: afectación de suelo por arsénico, plomo y cadmio contenidos en jales mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 16, núm. 4, 205-214.
- Tanaka, M., Huber, L., Revesz, B., Diez, A., Ricard , X., y Echave, J. (2007). Minería y conflicto social. *Economía y Sociedad*, 7-17.
- Tetreault, D. (2012). La minería mexicana en el contexto internacional. *Observatorio Del Desarrollo*, 1(3), 18-20.

- Uribe, Salas, J. A. (2001). Economía y mercado en la minería tradicional mexicana, 1873-1929, *Revista de Indias*. Vol. LXI. Núm. 222
- USEPA, (2011). *Guía de Revisión Técnica de EIA: Minería No Metálica y Metálica*. Obtenido de US Environmental Protection Agency: www.sica.int/ccad/ www.epa.gov/oita/
- Zavala, M. (5 de Noviembre de 2012). Grupo México reactivará mina de Angangueo. *Provincia*, pág. 1.

APÉNDICE

Factor de impacto 1: Uso del suelo

El primer factor indica el uso del suelo a intervenir en la zona antes del inicio de la actividad minera. Áreas que cambiarían de acuerdo a la explotación del mineral, por ejemplo, la zona que pertenece a la unidad minera en sí, como presas, terrero y cambios en la cubierta del terreno. Las magnitudes asignadas van de forma ascendentes del 1 al 10, donde las áreas antropogénicas serían las menos afectadas y los usos del suelo en cubierta natural las más afectadas por la actividad minera. A continuación se presenta la tabla de escenarios y sus respectivas magnitudes.

Escenario	Magnitud
Uso industrial	1
Desierto	2
Montañas y colinas con baja cobertura de la vegetación	3
Superficie agrícola	4
Rural	5
Pueblo o ciudad pequeña	6
Ciudades grandes	7
Bosque, la madera y la montaña con alta cobertura de vegetación	8
Mar, lago, río y pantano	9
Parque Natural y el área protegida	10

Factor de impacto 2: Exposición de la zona minera

El segundo factor indica la incidencia visual de las instalaciones mineras sobre el paisaje inmediato, determinando las magnitudes de exposición de los enclaves mineros en cubiertas del terreno antroponaturales, donde la categoría 10 es de mayor magnitud y 0 de nula visibilidad, por ejemplo, cuando un enclave minero tiene una mayor visibilidad en paisajes con valor escénico importante (naturales), se determina que tiene una magnitud de 10, por las afectaciones visuales que implica.

Escenario	Magnitud
No es visible	0
Se puede ver en la zona industrial	2
Se puede ver desde la carretera principal	4
Se puede ver en las zonas rurales	6
Se puede ver en la ciudad	8
Se puede ver en lugares que tienen potencial para el turismo y ecoturismo (lugares arqueológicamente y naturalmente atractivos)	10

Factor de impacto 3: Interferencia con aguas superficiales

El tercer factor de impacto propuesto en la matriz hace referencia a la cercanía e interferencia de las instalaciones mineras a escurrimientos superficiales o cuerpo de agua. Asignando valores de 0 a 6, donde el menor valor corresponde a las áreas que la actividad minera no hace interferencia a escurrimientos o cuerpo de agua, y el más alto determina interferencia con aguas marinas. A continuación los posibles escenarios y sus respectivas magnitudes:

Escenario	Magnitud
No hay interferencias	0
Interferencia con pozos con fines de eliminación	1
Interferencia con zonas de fango	4
Interferencia con ríos	6
Interferencia con lagos	8
Interferencia con mares	10

Factor de impacto 4: Interferencia con agua subterránea

El cuarto factor de impacto es similar al anterior complejo en la determinación de la incidencia, aplica para aguas subterráneas.

Escenario	Magnitud
Agua profunda y tierra impermeable	2
Freático profundo y suelo permeable	4
Agua sobre la superficie de la tierra	6
Agua por encima de la superficie del suelo y la tierra impermeable	8
Agua por encima de la superficie del suelo y permeable del suelo	10

Factor de impacto 5: Aumento del tráfico de la zona

El quinto impacto derivado de la actividad minera considera el aumento del tráfico vehicular, por ejemplo: maquinaria pesada, tractores, remolques, volteos, camionetas, entre otros. Este factor se puede determinar observando el número de vehículos destinados a la actividad minera. Las magnitudes asignadas van de 1 a 10, en cuatro tipos de escenarios, donde el número mayor refiere tres veces al aumento de tráfico una vez iniciadas la actividad minera en la zona.

Influencia de la minería sobre la situación del tráfico de la zona:

Escenario	Magnitud
No hay aumento	1
El tráfico aumenta en el rango de 1-2 veces	4
El tráfico aumenta en el rango de 2-3 veces	7
El tráfico aumenta más de 3 veces	10

Factor de impacto 6: Contaminantes tóxicos y emisiones de sustancias a la atmósfera

La extracción minera emite sustancias nocivas para el medio ambiente, el factor de impacto seis establece ciertas medidas para algunos contaminantes comunes emitidos por dicha actividad, como gases CO, CO₂ y NO₂ que serían producidas por vehículos, compresores y detonación de los explosivos. La magnitud asignada a cada parámetro encontrado en relación con la concentración de contaminante será de 10, es decir, si los contaminantes analizados rebasan el límite de concentración establecidos en la siguiente tabla, su magnitud será de 10.

Contaminante		Concentración de Contaminantes (ppm)
CO	Concentración máxima para 8 horas	9
	La concentración máxima de 1 hora (como máximo una vez al año)	35
CO ₂	Media anual	0.02
	Concentración máxima de 24 horas	0.1
	Concentración máxima de 3 horas	0.5
Hidrocarburos, excepto metano	Concentración máxima de 3 horas (6-9 am)	0.34
NO ₂	Promedio anual	0.05
Óxidos fotoquímico	Concentración máxima de 1 hora (como máximo una vez al año)	0.08

Factor de impacto 7: Contaminación acústica

Este factor hace referencia al nivel de presión sonora emitido por las voladuras de las rocas. La medida se basa en la sobrepresión máxima en una distancia de 1 km de la zona de explosión; es medido con aparatos especializados y se compara con una gráfica denominada isofónica; con dicha información se prosigue a elegir la magnitud relacionada con el nivel de sonido, de lo contrario el valor puede ser determinado de manera subjetiva (apreciación empírica). A continuación se muestran las tablas de evaluación objetivas y subjetivas con magnitudes.

Evaluación objetiva:

Nivel de sonido (dB)	Magnitud
Menos de 121	1
121 a 123,5	2
123,5-126	3
126 a 128,5	4
128,5-131	5
131 a 133,5	6
133,5-136	7
136 a 138,5	8
138,5-141	9
Más de 141	10

Evaluación subjetiva:

Escenario	Magnitud
Alrededor del nivel natural y normal de la audición humana	0
Baja aguda	2.5
Aguada	5.5
En el nivel máximo que puede ser tolerado por el ser humano	7.5
Muy penetrante y perjudicial	10

Factor de impacto 8: Vibración del terreno

El octavo factor hace referencia a la intensidad de las vibraciones del suelo producidos por las voladuras de las rocas, las cuales pueden llegar a sentirse en distancias que pueden ir de 0 a 1 km. Las vibraciones son de las principales causas de conflictos con las compañías mineras, por eso es indispensable determinar sus niveles de ondas. A continuación se muestra la tabla con los parámetros establecidos dentro de la matriz.

Vibración del suelo (mm / s)	Magnitud
Menos de 32	1
32-52,125	2
52,125-72,250	3
72,250-92,375	4
92,375-112,5	5
112,5-132,625	6
132,625-152,750	7
152,750-172,850	8
172,875-193	9
Más de 193	10

Factor de impacto 9: Voladura de la Roca

El noveno factor de impacto establece la manera de voladuras de rocas dentro del enclave minero, donde es considerada la metodología a implementar por parte de la compañía a cargo. En este factor se plantean cinco tipos de escenarios y son evaluados de manera subjetiva.

Evaluación subjetiva:

Escenario	Magnitud
No volar la roca en zonas cercanas a poblados; desmonte y con planes en las operaciones de explosivos.	1
No volar la roca en zonas cercanas a poblados; sin desmonte y con planes en las operaciones de explosivos.	4
No volar la roca en zonas cercanas a poblados; sin desmonte y sin planes en las operaciones de explosivos.	6
Volar la roca en zonas cercanas a poblados; con desmonte y sin planes en las operaciones de explosivos.	8
Volar la roca en zonas cercanas a poblados; sin desmonte y sin planes en las operaciones de explosivos.	10

Factor de impacto 10: Empleo local

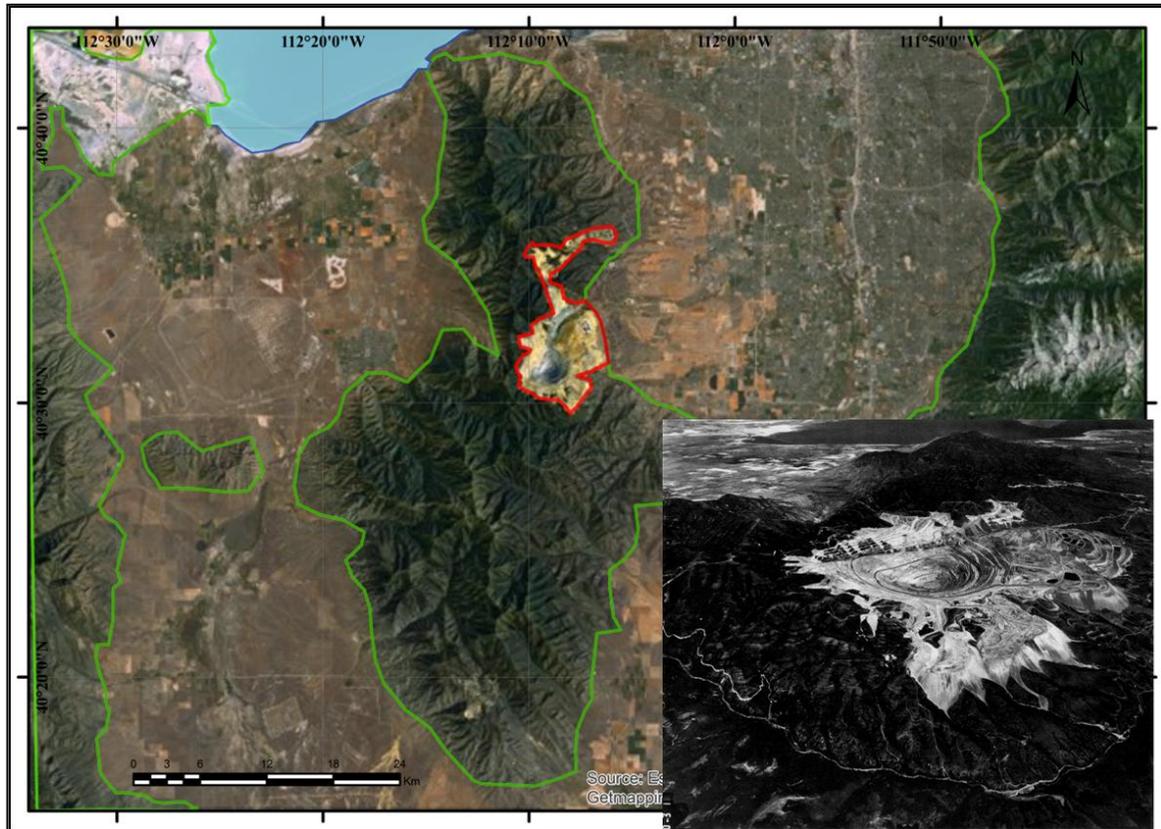
El décimo factor asigna valores a cinco escenarios posibles ante la llegada de la actividad minera a un espacio determinado, donde es preciso obtener los porcentajes de población económicamente activa local dedicada a la actividad minera, y así establecer las magnitudes de 0 a 10.

Incremento del empleo local	Magnitud
80-100%	2
60-80%	4
40-60%	6
20-40%	8
0-20%	10

ANEXOS

Nuevos Paisajes Mineros

En la siguiente imagen se observa la mina a cielo abierto “The Bingham”, Estados Unidos. El área de la mina, incluyendo vertederos de residuos, cubre una superficie aproximada de 38 km² (Tygesen, 1992).



El paisaje minero de Mezcala, Estado de Guerrero, mina de oro a cielo abierto, concesionada a la empresa canadiense Goldcorp Inc. Existe en la zona fuertes cambios territoriales, pero sobre todo, cambios sociales en las comunidades cercanas al proyecto minero.



Antes (año 2005)



Después (año 2011)

Mina a cielo abierto en el municipio de Chinicuila, Estado de Michoacán. El Territorio fue concesionado por 50 años (hasta el año 2058) por la Secretaria de Económica (2010), donde principalmente se realiza la extracción de hierro (Fe).



Antes (año 2006)

Después (año 2012)