



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del daño potencial al ambiente por la producción de
jales en el estado de Oaxaca, mediante el uso de SIG**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN Ingeniería Sanitaria

PRESENTA:

Ing. Tania Itzel Trejo Nava

DIRECTORA DE TESINA: **M. en I. Alba Beatriz Vázquez González**

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2018

Resumen

El objetivo de esta tesina fue analizar las zonas que pueden tener un daño potencial por la producción de jales mineros en el estado de Oaxaca, con el propósito de localizar los sitios más vulnerables a la contaminación por estos residuos, haciendo uso de sistemas de información geográfica, en este caso el programa utilizado fue QGis.

Los jales mineros son aquellos residuos que resultan del beneficio de los minerales de interés, estos pueden o no tener características tóxicas y una de las maneras más comunes de disponerse de forma controlada es por medio de una presa, llamada presa de jales.

El análisis de este trabajo está fundamentado en la aplicación de la NOM-141-SEMARNAT-2003 la cual establece el procedimiento para caracterizar los jales, los criterios y especificaciones que se deben de hacer para la construcción de una presa de jales, así como la preparación del sitio donde se construirá una presa de jales.

Por medio de este análisis se identificaron las minas que no cumplen con la normatividad ambiental, además los resultados permitieron hacer recomendaciones a la minería actual en Oaxaca.

Índice

1. Minería en México.....	2
1.1. Historia de la minería en México.....	2
1.2. Legislación minera en materia de protección ambiental.....	3
1.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	3
1.2.2. NOM-120-SEMARNAT-1997.....	5
1.2.3. NOM-141-SEMARNAT-2003.....	7
1.3. Residuos de la minería	9
2. Actividad minera en el estado de Oaxaca.....	11
2.1. Contexto actual de la Minería en Oaxaca	11
2.2. Aspectos generales de la minería en el estado de Oaxaca.....	12
3. Análisis y resultados del daño potencial de las presas de jales en el estado de Oaxaca.....	16
3.1. Aplicación de la NOM-141-SEMARNAT-20103.....	16
3.2. Recopilación de información y tratamiento de información	17
3.2.1. Recopilación de la Información.....	17
3.2.2. Tratamiento de la información	18
3.3. Modelación con QGis y Resultados.....	23
3.4. Análisis de resultados	28
4. Propuestas para mejorar la actividad minera en el estado de Oaxaca.....	30
5. Conclusiones.....	31
Referencias.....	33

Introducción

El estado de Oaxaca es uno de los estados con mayor potencial minero que tiene actualmente nuestro país, ya que tiene gran variedad y complejidad geológica, características que le permiten tener una gran riqueza mineralógica, pero son estas mismas características las que no le permiten tener una gran productividad minera (SGM, 2014), sin embargo con las nuevas tecnológicas de extracción de minerales las grandes empresas trasnacionales han volteado a ver a Oaxaca como un gran productor viable minero a nivel nacional (Martínez, 2014).

La minería es reconocida como una de las actividades determinantes para la evolución de la historia mundial, de hecho es considerada como una de las industrias que tiende a generar transformaciones económicas y sociales (Gógora Pérez, 2013), sin embargo es una de las ocupaciones que más impacto generan en el medio ambiente, como destrucción de la corteza terrestre, contaminación de cuerpos de aguas, afección de la flora y fauna, efectos negativos a la salud humana y de las especies próximas a la mina (GeoInnova, 2016).

De igual manera, las actividades mineras generan grandes volúmenes de residuos, estos pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos, en el caso de los residuos sólidos, la mayor cantidad que se genera de ellos son el resultante de las pérdidas en el proceso de beneficio de los minerales de interés (Enrique Sánchez, 2014).

Actualmente existen planes de manejo de los residuos sólidos generados por la minería, en los cuales el objetivo es la minimización de la generación en la fuente; sin embargo, la técnica más usada a nivel mundial es la disposición final controlada (Enrique Sánchez, 2014), la cual se emplea en México por medio de la construcción de presas de jales mineros (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017).

En el caso de México los planes de manejo de residuos mineros son de carácter obligatorio para que las empresas mineras puedan registrarse ante la SEMARNAT (Ávila Rueda, 2014); sin embargo, para el año 2014 solo 122 mineras fueron registradas en los planes de manejo de la industria minera ante la SEMARNAT, de los cuales solo 7 de ellos estaban asociados al plan de manejo de residuos de la industria minera (Ávila Rueda, 2014).

Especialmente el estado de Oaxaca no se encuentra dentro de los 122 registrados y mucho menos dentro de los 7 que se encuentran dentro del plan de manejo de residuos mineros (Ávila Rueda, 2014), lo cual es preocupante ya que en el año 2008 la Secretaría de Energía del Gobierno Federal otorgó concesiones para la explotación y exploración a 20 proyectos de diversas empresas extranjeras (Martínez, 2014).

Por otro lado Oaxaca es el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México (María & Rodríguez Hernández, 2008), por lo que a las empresas mineras que intenta asentarse en numerosas regiones de Oaxaca tienden a tener muchos conflictos de carácter social, los cuales se intensificaron en los últimos años (Ecosfera, 2017).

Capítulo I

1. Minería en México

1.1. Historia de la minería en México

La minería es una de las actividades con mayor interés en el mundo, ya que ha estado presente desde el inicio de las primeras civilizaciones y ha progresado junto con la necesidad que tiene el ser humano para el uso de los materiales que se pueden extraer de la tierra.

México no es la excepción, sin embargo, algunos historiadores no coinciden sobre cuando se dio el inicio de esta actividad en México. Por un lado está la postura de que en nuestro país la minería se empezó a practicar desde la época prehispánica, e influyo en múltiples formas en la evolución de las culturas mesoamericanas, siendo oro, plata y cobre los principales metales que se extraían, así como distintos tipos de rocas siendo diorita y andesita las que mayormente utilizaban para la fabricación de herramientas (León Portilla, 1984), también existen evidencias de que se extraían minerales para uso ornamental y para fabricación de utensilios, como la obsidiana, las turquesas, ámbar, hasta esmeraldas y zafiros (Zamora Ayala, 2003), además de esto era común el uso de arcillas y sales para usanza medicinal o con otros fines económicos (Zamora Ayala, 2003).

La segunda postura es que la minería en México inicio en el periodo de la conquista española, considerando que es de nula importancia la aportación indígena (Muñoz, 1986). Durante la llegada de los españoles estos trajeron consigo las técnicas de extracción de minerales y conocimiento de la metalurgia (Muñoz, 1986).

Durante 1524 se empezaron a trabajar las primeras minas en México con los minerales de estaño, cobre, y plata en Guerrero Jalisco y Nayarit, posteriormente en 1546 se descubren las primeras vetas de plata en Zacatecas y Guanajuato, seguido del descubrimiento de las minas de plata de Pachuca y la explotación de las vetas de Zacatecas en el año 1552 y en 1555 se comienza a implementar el beneficio de las minerales mediante mercurio (CAMIMEX, 2012).

Sin embargo, fue hasta 1560 que las técnicas de extracción cambiaron con la introducción de la pólvora en este tipo de actividades en México (Bargalló, 1969), apareciendo las mineras de tajo de cielo abierto, seguido de un sin número de descubrimientos de minas muy importantes y famosas por su producción que perduran hasta el día de hoy.

Posteriormente en 1783 se fundó el Colegio de Minería, en 1792 se inauguró en México el real seminario de minería, y el primer director fue D. Frausto de Elhuyar descubridor del Tungsteno. En 1801 D. Andrés Manuel del Río descubre el Vanadio, por lo que Humboldt publica sobre las riquezas de los minerales en la Nueva España (CAMIMEX, 2012).

En la segunda mitad del siglo XIX se dio la fiebre del oro, durante esta época hubo un gran auge en la industria minera, beneficiando principalmente al norte de México, es en esta época cuando muchas mineras pasaron a manos de empresas norteamericanas, modernizando los sistemas de explotación, seguido de un periodo de esplendor en la minería por el impulso que

dio el presidente Porfirio Díaz a la minería. Además, él introdujo la energía eléctrica a este sector, ayudado de la presencia del ferrocarril que mejoro los lazos y rutas comerciales (Muñoz, 1986).

Pero este periodo de modernización y florecimiento de la minería, se vio entorpecido durante la revolución mexicana por lo que la producción decayó significativamente; sin embargo, no todo fue malo durante la revolución, ya que gran parte de las compañías extranjeras se fueron y paso a ser una industria nacional, no obstante la minería se recuperó con la promulgación de la Constitución en 1917 y el artículo 27 constitucional sobre la posesión de tierras, agua y riquezas del subsuelo, definido como patrimonio de la nación (Muñoz, 1986).

La promulgación de la Constitución de 1917 fue la punta de lanza para la creación de la Comisión de Fomento Minero en 1934, el Instituto Nacional para la Investigación de los Recursos Minerales en 1949 y la Asociación de Ingenieros Mineros Metalurgistas y Geólogos de México en 1951. Seguido de la promulgación de la nueva Ley Minera en 1961 incluyendo el concepto de la mexicanización de la industria minera, siendo la Nueva ley minera de 1992 la que nos rige actualmente (CAMIMEX, 2012).

Hoy en día México es uno de los 10 principales productores de 16 diferentes minerales y el primer destino en inversión y exploración minera en América Latina y el cuarto en el mundo, además de contribuir al 4% del PIB nacional (Secretaría de Economía, 2018).

1.2. Legislación minera en materia de protección ambiental

1.2.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Esta ley trata sobre la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente, en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía. El objetivo de esta ley es propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- Garantizar el derecho del todas la personas a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su participación.
- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.
- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.
- El aprovechamiento sustentable, la reservación, y en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles para la obtención de beneficio económico y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
- La preservación y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.
- Garantizar la participación correspondiente de las personas, en forma individual o colectiva en la preservación y restauración del equilibrio y la protección al ambiente.

- El ejercicio de la atribución que en materia ambiental corresponde a la Federación, lo Estados, el Distrito Federal (actualmente CDMX) y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución.
- El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concentración entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental.
- El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas que regula este ordenamiento.

Sobre distribución de competencias y coordinación, se tiene que son facultades de la federación la regulación de actividades relacionadas con la exploración y explotación de minerales, sustancias y otros recursos del subsuelo que corresponden a la nación, en lo referente a las actividades que causen impacto en el medio ambiente, así como el manejo de los residuos peligrosos. A los estados les corresponde la prevención y control de contaminación por generación de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales al equilibrio ecológico o al ambiente y es competencia de los municipios el ejercicio de las funciones que en materia de preservación del equilibrio ecológico y protección al ambiente que les transfiera la Federación junto al artículo 35 BIS2 de esta Ley.

Además la federación puede dar el poder a los municipios, para asumir la responsabilidad del control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad conforme a las disposiciones del presente ordenamiento, así como la evaluación de impacto ambiental de las obras de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas en términos de las Leyes Mineras, así como las instalaciones para tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos.

Por otro lado es necesario mencionar que los artículos a los que están sujetas las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales contemplados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente son:

- Artículo 28: Se debe realizar evaluación de impacto ambiental con el fin de proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas.
- Artículo 99: Que habla sobre los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo.
- Artículo 108. Sobre la prevención y control de los efectos generados en la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico e integridad de los ecosistemas.
- Artículo 120: Para evitar la contaminación del agua.
- Artículo 134: Para la prevención y control de la contaminación del suelo.
- Artículo 151: Sobre la responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera.

- Artículo 154: La Secretaría de Energía y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias cuidaran de la exploración, explotación y beneficio de los minerales radioactivos.

1.2.2. NOM-120-SEMARNAT-1997

“Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrollen vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.”

Es la norma que regula las actividades de exploración minera directa que pretendan establecerse en zonas con climas secos, y templados, en donde exista vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos y similares.

Además, establece las especificaciones para realizar actividades de exploración minera directa, exceptuando las radioactivas y las que pretendan ubicarse en áreas naturales protegidas de acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994.

Como el nombre de la norma dice, obedece a las exploraciones mineras que tratan de realizar actividades de exploración en climas secos y templados, estos climas obedecen las siguientes descripciones:

- ❖ Los climas secos los cuales son mejor conocidos como áridos y corresponden al grupo B, en este grupo la evaporación supera a la precipitación, este grupo contienen dos subgrupos:
 - Bw que corresponden a los áridos o desérticos.
 - Bs que corresponden a los semiáridos.
- ❖ Los climas templados incluyen a los climas húmedo y sub húmedos, de los cuales su temperatura mínima esta entre los 18°C – 3°C. El grupo a los que pertenecen es el C con tres subgrupos principales:
 - Cfm templado húmedo sin estación seca bien definida con lluvias uniformemente bien repartidas.
 - Cm templado subhúmedo con lluvias en verano.
 - Cw clima mediterráneo o con lluvia en invierno.

En cuanto al tipo de vegetación a la cual obedece la norma, son tres:

El bosque tropical caducifolio contiene vegetación en el cual la altura máxima de los árboles es de 15 m y entre el 25% - 50% son caducifolios. En las zonas más secas es común la presencia de cactáceas columnares, candelabrones y rosetófilos.

- ❖ El bosque de coníferas o encinos en su mayoría contiene las especies Abies, Quercus, Pinus, Juniperus, encontrándose este tipo de vegetación en comunidades de entre los 300 a 4, 200 msnm.

- ❖ El matorral xerófilo contiene comunidades de vegetales en las cuales predominan arbustos y árboles de fisonomías diversas, donde los árboles de 3 a 5 m con hojas de tamaño pequeño y caducifolio, los matorrales se presentan en distintos grupos:
 - Los crasicuales se presentan en comunidades y su característica principal es el tallo grande que presentan y pueden tener hasta 10 m de alto.
 - Los rosetófilos tienen predominancia de hojas largas y angostas agrupadas en forma de roseta.
 - La Yucca llega a medir de 2 a 4 m de alto.
 - Los micrófilos en su mayoría tienen hojas pequeñas y su altura varía de 1 a 3 m, aunque pueden tener una altura de 6 m.

Las especificaciones técnicas que contiene la norma para las actividades de exploración minera en las condiciones descritas anteriormente corresponden a la siguiente lista:

- ❖ Antes de realizar cualquier actividad minera directa se debe notificar a CONAGUA si existe la presencia de un manto acuífero en la zona, o si se detecta algún mineral radioactivo en algún horizonte rocoso, en este caso también se notificará a la Secretaría de Energía.
- ❖ En caso de encontrarse vestigios arqueológicos las actividades serán suspendidas y se dará aviso a la autoridad civil, una vez que el INAH apruebe el reinicio de actividades se podrá continuar.
- ❖ Durante el periodo de desmonte no está permitido el uso de herbicidas y químicos, así mismo actividades de quema.
- ❖ El material removido debe reforestarse o se debe garantizar su integración al suelo.
- ❖ Está prohibida la cacería y extracción de especies de flora y fauna por el personal contratado para las actividades.
- ❖ En caso de existir especies catalogadas en la NOM-059-ECOL-1994 se debe evitar su daño, en caso de que sea inevitable, se debe trasladar con la ayuda de especialistas.
- ❖ Para las actividades de restauración, la capa superficial del suelo debe ser recuperada y se deben evitar pérdidas por erosión.
- ❖ No debe haber excavación, nivelación, compactación fuera de los límites establecidos.
- ❖ Habrá vigilancia y mantenimiento periódico de la maquinaria con el fin de evitar la emisión de contaminantes a la atmósfera, contaminación del suelo por aceites y ruido.
- ❖ Debe existir un control sobre los desechos generados en el lugar, por lo que será necesario contar con recolección y disposición y su manejo deberá sujetarse a la normatividad aplicable.
- ❖ Cuando finalice el proyecto debe de llevarse a cabo actividades de restauración que contemple las actividades descritas en la NOM-120-SEMARNAT-1997.
- ❖ Si existe tala de árboles se debe reforestar de tal manera que se compense el daño.

Además de estas especificaciones la norma cuenta con otra serie de determinaciones que son aplicables a las características muy específicas de la obra, por ejemplo, de acuerdo al tipo de mineral extraído o al tipo de maquinaria o material a utilizar durante la explotación.

También se pueden encontrar las características que deben tener los caminos de acceso, los patios de maniobra, los campamentos, las planillas de barrenación, los pozos, los socavones, las zanjas y los límites máximos de afectación por área.

1.2.3. NOM-141-SEMARNAT-2003

“Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y pos-operación de presas de jales.”

Esta norma que regula los residuos peligrosos generados por las plantas de beneficio de minerales, los residuos peligrosos tienen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2005).

La norma establece que los jales que resultan del beneficio de antimonio, de óxidos de cobre, de piritas de cobre, de plomo y de zinc, están listados como peligrosos en la NOM-052-SEMARNAT-1993, además está sujeta a la NOM-053-SEMARNAT-1993 la cual establece el procedimiento para determinar los constituyentes que hace que un residuo sea peligroso.

En base en lo anterior, la NOM-141-SEMARNAT-2003 tiene como objetivo la caracterización del sitio y de los jales, así como la atenuación de los impactos al medio ambiente, que se producen por la generación de jales y el uso de suelo para los mismos.

Una vez que el jal se ha clasificado como peligroso y se ha determinado la peligrosidad, además de contener uno o varios elementos de la tabla de constituyentes tóxicos del extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-1993 y los niveles son superiores a los establecidos, el jal es considerado como peligroso y se deben de aplicar pruebas de balance ácido base, para establecer si el jal es potencial generador de ácido.

En caso de que se cumpla lo anterior es forzoso que se realice una caracterización del sitio donde se establecerá una presa para contener los jales con respecto a las características ambientales de la tabla 1.1. Por lo que el lugar que cumpla con los aspectos descritos en la tabla 1.1 será el lugar indicado para construir la presa de jales y la planta de beneficio de minerales, ya que el almacenamiento de los jales debe de localizarse en el sitio que los genere.

Si se determina que existen elementos ambientales que sean vulnerables o susceptibles de daño por los depósitos de jales, se debe preparar el sitio para mitigar el daño al ambiente. La preparación del sitio debe de contener medidas de prevención descritas en el Anexo II de la presente norma.

Además, en caso de que sea necesario o de que la norma lo especifique para posibles sitios vulnerables se debe aplicar el Anexo III, el cual indica las características que debe contener la presa de jales en cuestión, el anexo normativo se puede ver en la tabla 1.2. Este anexo se utiliza una vez que se hizo el análisis de vulnerabilidad y se considera que es necesario la

construcción de una presa de jales, por lo que se debe de construir una de acuerdo con la clasificación de la tabla 1.2.

Finalmente los criterios de construcción y pos-operación están descritos en el punto 5.6 de la NOM-141-SEMARNAT-2003, así como la metodología a seguir para el monitoreo de aguas superficiales y aguas subterráneas.

Tabla 1.1 Aspectos ambientales para lo localización del sitio y el periodo de retorno de la tormenta de diseño.

Aspectos ambientales para la localización del sitio						
Climatológicos	Edafológicos	Geotécnicos	Hidrológicos		Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos	Potencial de daño
			Superficial	Subterránea		
Zona hidrológica del sitio	Textura	Describir la estructura geológica general y a detalle	Delimitar la subcuenca hidrológica donde se encuentra el sitio del depósito de jales.	Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 500 m.	Realizar una caracterización del sitio, identificando la presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.	Identificar centros de población, cuerpos de agua superficiales, ecosistemas frágiles, especies en riesgo o suelos agropecuarios que puedan ser afectados en caso de derrame.
Tormenta máxima observada para 24 h.	Conductividad eléctrica		Determinar el área de inundación de la subcuenca.		El manejo de las especies en riesgo debe llevarse a cabo con forme a la Ley General de Vida Silvestre	
Tormenta de diseño para un periodo de retorno establecido de acuerdo a la clasificación del jal, zona hidrológica y Topografía del sitio.	pH	Determinar las propiedades mecánicas de los depósitos del suelo	En caso de que existan parte aguas de la subcuenca a menos de 500 m se tomaran estos como limites.		El sitio seleccionado no debe encontrarse en un una zona que represente riesgo a las especies de la NOM-059-SEMARNAT-2001.	Cuando exista la posibilidad de daño que no implique cuerpos de agua superficial se deben de aplicar las medidas establecidas en el Anexo III.
Velocidad, dirección y frecuencia de los vientos		Determinar la región sísmica donde se ubicará el sitio	Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales	Definir los tipos de vegetación que serían afectados.	Analizar si existe la posibilidad de que los polvos fugitivos lleguen a un centro de población, en caso de que si se aplicarán las medidas de pos operación	

Periodo de retorno de la tormenta de diseño (años)

Topografía	Zona Hidrológicos					
	Seca		Húmeda		Ciclónica	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Montañoso	5	25	25	50	50	50
Lomerío	25	100	25	100	50	100
Plano	25	100	50	100	100	100

** (1) Para jales no tóxicos, (2) Para jales tóxicos

Elaborada con información de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

beneficio de minerales, es por esto por lo que los residuos mineros deben de ser contenidos en presas de jales, las presas de jales, que como su nombre lo indica es un presa y para su construcción es necesario hacer una serie de estudios geológicos y geotécnicos, además de cumplir con la NOM-141-SEMARNAT-2003.

Por otro lado la industria minera en México abarca desde las pequeñas a las grandes industrias, normalmente los procesos de beneficio son realizados por las grandes corporaciones, las cuales en su mayoría tienen presas de jales; sin embargo, al ser estas un proyecto de ingeniería tiende a tener altos costos, por lo que es una práctica común que los pequeños productores no cuenten con presas de jales y no acaten a la normatividad ambiental y no tengan algún método de manejo de residuos (Gutiérrez Ruiz & Moreno Turrent, 1995). Además, existen minas que fueron construidas antes de la normatividad utilizada actualmente o también existen casos de aquellas industrias que construyeron sus respectivas presas de jales en décadas anteriores y actualmente no están preparadas para soportar grandes volúmenes o regímenes de lluvia extremos que en la actualidad han aumentado o eventos sísmicos de gran intensidad (Gutiérrez Ruiz & Moreno Turrent, 1995).

Como resultado de no obedecer la normatividad correspondiente se producen una serie de afectaciones al ambiente que pueden ser causadas por la generación de residuos mineros como son la destrucción de la capa de suelo, flora y fauna durante el descapote, el movimiento de sedimentos hacia zonas a las que no pertenecen originalmente, gran consumo de agua, descarga de los lixiviados, generación de jales, generación de residuos de operación como llantas, aceites, combustibles, polímeros, disolventes, etc., generación de ruido, emisiones de polvos y gases, lodos de plantas de tratamientos de aguas y generación de residuos sólidos urbanos (Gutiérrez Ruiz & Moreno Turrent, 1995).

Sin duda alguna el manejo de los residuos de la minería necesita una visión integral de la problemática, la cual se ha intentado implementar desde que se propuso el plan de manejo de residuos de mineros, donde se proponen acciones para la reducción de los residuos en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, procesamiento, tratamiento, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final (García Segura, 2013).

Finalmente es necesario instituir medidas de control que se sujeten a la normatividad ambiental, mejorar las condiciones de las presas de jales existentes, identificar las necesidades de cada tipo de minera de acuerdo a las características del yacimiento, tamaño de la empresa y volúmenes generados de residuos y tipos de residuos generados para aplicar soluciones específicas en cada caso para beneficio del medio ambiente.

Capítulo II

2. Actividad Minera en el estado de Oaxaca

2.1. Contexto actual de la Minería en Oaxaca

A raíz del descubrimiento de grandes depósitos de oro y plata en Oaxaca se dice que este estado ha sido uno de los más privilegiados con respecto a la diversidad de yacimientos, si bien hace 500 años se comenzó a extraer oro y plata en esta región, durante la época de 1900 se descubrieron grandes depósitos de cobre, hierro, plomo y carbón principalmente (Southworth, 1901).

Actualmente la mayor producción de la industria minera en Oaxaca es de plata, cobre, hierro, grafito cristalino, carbón, yeso y travertinos, con un gran potencial de explotación de oro, zinc, antimonio, micas, zeolitas, mármol y granito con un aumento de producción del 25% del año 2009 al año 2010 (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2011), para el año 2007 la producción fue de 43.7 toneladas y estuvo controlada principalmente por empresas canadienses, posteriormente con las políticas para impulsar la minería se produjeron 87 toneladas de oro en el año 2011 (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2011).

En las últimas décadas ha existido un repunte de la inversión extranjera en Oaxaca con el motivo de las modificaciones de la normatividad para favorecer la inversión extranjera, durante el gobierno de Calderón se concesionaron 51 millones de hectáreas al sector minero privado y para el estado de Oaxaca se tiene concesionado 779 mil hectáreas, es decir el 8% de la superficie del estado. (Enrique Fuente & Barkin, 2012).

A pesar de esto, gran cantidad de empresas mineras asentadas en todo el estado, han tenido muchos problemas socio políticos, ya que el gobierno ha otorgado concesiones sin la consulta de los pueblos indígenas pertenecientes a las zonas donde se ubican las empresas, la mayor parte del descontento es porque el tipo de uso de suelo es para agricultura y autoconsumo, e incluso abarcan centros poblacionales, por lo que hasta el 2016 alrededor de 22 comunidades han exigido la cancelación de las concesiones otorgadas por el gobierno. (Reyes Méndez, 2016).

Hoy en día la resistencia de los pueblos indígenas sigue; sin embargo, el gobierno se ha dado a la tarea de otorgar más concesiones, ya que se ha promocionado al estado de Oaxaca como un gran candidato para inversión extranjera (El imparcial, 2018). De acuerdo al panorama actual los problemas político-sociales seguirá aumentando, ya que el estado de Oaxaca es muy extenso y geológicamente complejo, lo que lo hace un estado con gran interés para la minería, hasta ahora con oportunidad de extraer 16 minerales diferentes y con tan solo 30% del territorio explotado (El imparcial, 2018).

Este gran potencial del estado de Oaxaca para la exploración minera es un activo que por el momento no ha dado frutos al estado, ya que la mayor parte de las ganancias son divididas

entre las empresas extranjeras y la Federación, por lo que es común ver empresas poderosas en municipios con bajos recursos, debido a esto las próximas políticas del gobierno están centradas en que existan un reflejo de inversión en los municipios en los que se asienten las empresas. (Torres, 2018).

2.2. Aspectos generales de la minería en el estado de Oaxaca

Oaxaca es muy rico geológicamente hablando, en este estado existen los tres tipos de rocas; ígneas, sedimentarias y metamórficas originadas por distintos fenómenos que van desde el Precámbrico hasta el Pleistoceno dispuestas en la Provincia Geológica Mixteca (Ortega , 1992), por consecuente la variedad mineral que se tiene es muy diversa, dentro de éstos existen minerales preciosos, no ferrosos, siderúrgicos, no metálicos, rocas dimensionales y materiales pétreos (Torales Iniesta, 2008).

Actualmente se han documentado la existencia de 14 regiones mineras (Servicio Geológico Mexicano, 2011), las cuales se han agrupado de acuerdo con el tipo de mineralización, éstas se pueden ver en la figura 2.1

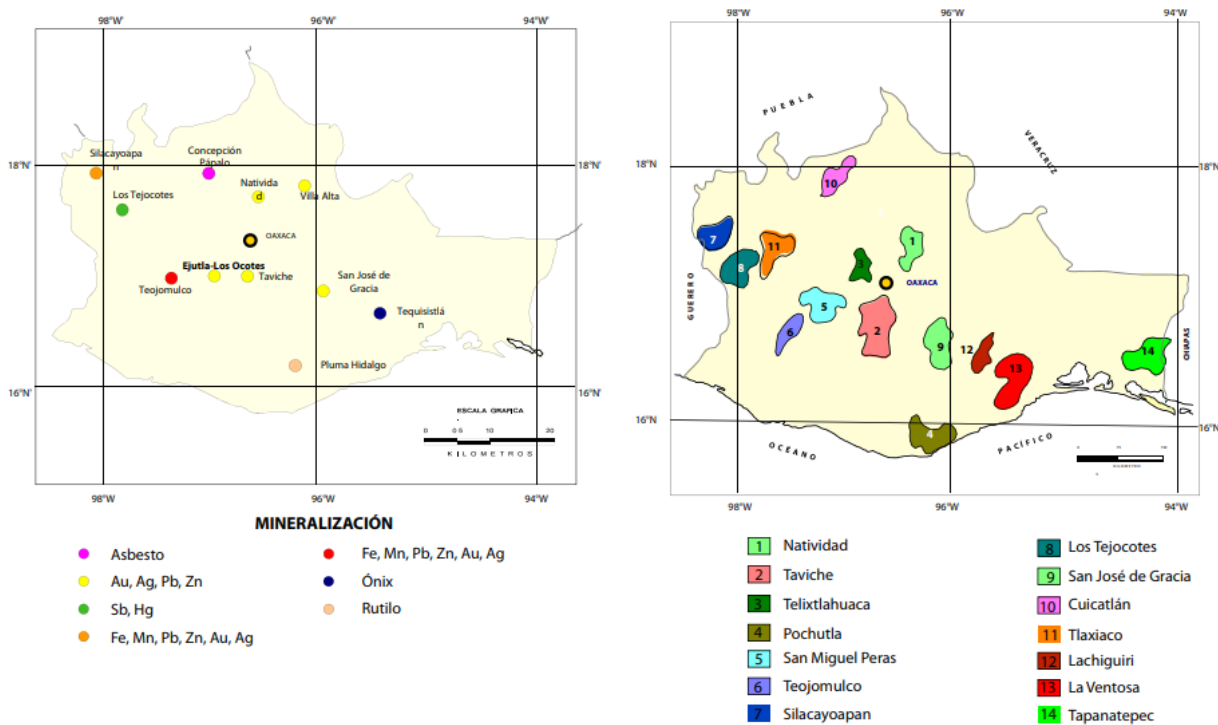


Figura 2.1 Mapa de las regiones mineras de Oaxaca (Servicio Geológico Mexicano, 2011).

A pesar de que exista un gran número de minerales, solo algunos de ellos son potencialmente explotables, debido a la importancia económica o industrial de estos, los principales minerales con interés económico se presentan en la tabla 2.1 la cual muestra el tipo de asociación mineralógica de las distintas regiones mineras de Oaxaca, así como el tipo de yacimiento a los que se les asocia.

Tabla 2.1 Regiones mineras del Estado de Oaxaca.

REGIÓN MINERA	MINERALIZACIÓN	TIPO DE YACIMIENTO	ZONAS MINERAS
1.- NATIVIDAD	Au,Ag,Pb,Zn	VERTAS Y DISEMINADOS	NATIVIDAD- LACHATAD, ATEPEC TALEA DE CASTRO - SOLAGA - CAJONOS
2.-TAVICHE	Pb, Zn, Au, Ag	NETAS, MANTOS, DISEMINADOS, CHIMENEAS	TAVICHE, TETIPAC, LACHIGALLA, LOS OCOTES
3.- TELIXTLAHUACA	GRAFITO, Pb, Zn, Au, Ag, Ti, Fe	DISEMINADO, VETAS Y MANTOS	TELIKTLAHUACA, EL PARIAN, HUITZO, SAN JUAN DEL ESTADO
4.- POCHUTLA	Ti, Fe, Pb, Zn, Au, Ag	DISEMINADOS, MANTOS Y VETAS	CANDELARIA LOIXCHA, PLUMA HIDALGO, SAN MATEO PÑAS, LA ESPERANZA-HUATULCO
5.- SAN MIGUEL PERAS	Au, Ag, Zn, CALAMINAS	MANTOS, VETAS Y DISEMINADOS	SAN MIGUEL PERAS, PEÑALES, ESTETLA, YUCUCUNDO
6.- TEJOMULCO	Fe, Mn, Pb, Zn, Au, Ag	MANTOS, VETAS, DISEMINADOS CUERPOS IRREGULARES	TEJOMULCO, SANTIAGO MINAS, ZANIZA, TEXTITLÁN
7.- SILACAYOAPAN	Fe, Mn, Pb, Zn, Au, Ag	VETAS, DISEMINADOS	SILACAYOAPAN, SILACAYOAPILLA, SAN MARTÍN PERAS
8.- LOS TEJOCOTES	Sb, Hg	VETAS, MANTOS, CUERPO IRREGULARES	LOS TEJOCOTES, YUCUNICOCO, REYES TEPEJILLO
9.- SAN JOSÉ DE GRACIA	Au, Ag, Zn, CALAMINAS	VETAS, DISEMINADOS	SAN JOSÉ DE GRACIA (TOTOLAPAN), GUELAVILA (COBRE GRANDE), EL MOGOTE (ALBARRADAS)
10.- CUICATLÁN	ASBESTO, Pb, Zn, Au, Ag	VETAS, DISEMINADOS Y MANTOS	CONCEPCIÓN PÁPALO, CHIQUIHUITLÁN
11.- TLAXIACO	CARBÓN	MANTOS	CUENCA CARBONIFERA DE LA MIXTECA SUBCUENCAS: TLAXIACO-MIXTEPEC, DIQUIYÚ-TEZOATLÁN
12.- LACHIGURI	Fe, Mn, Pb, Zn, Au, Ag MÁRMOL, ONIX	MANTOS, VETAS, DISEMINADOS, ESTRATIFORMES	LACHIGURI, GUENAGATI, LIEZA, TOTOLAPILLA, JALAPA DEL MARQUEZ, TENANGO, TEQUISISTLÁN
13.- LA VENTOSA	Fe, Mn, Pb, Zn, Au, MÁRMOL	MANTOS, VETAS, DISEMINADOS, ESTRATIFORMES	LA VENTOSA, ZANATEPEC, EJIDO MAZAHUA
14.- TAPANATEPEC	Fe, Mn, Pb, Zn, Au, Ag	MANTOS, VETAS, DISEMINADOS	SAN PEDRO TAPANATEPEC (EL CARMEN)

Fuente (Servicio Geológico Mexicano, 2011).

Como se puede ver en la tabla 2.1 existe una gran variedad de minerales explotables, por el momento los que tienen mayor interés son los que se encuentran en la zona mineralizada con sulfuros en las regiones de Tejomulco y Silacayoapan y las regiones enriquecidas de oro y plata (Servicio Geológico Mexicano, 2011).

Además de la región minera también existe la delimitación geográfica de los distritos mineros, en Oaxaca existen 7 distritos, en los cuales se comprenden 155 municipios y 1655 localidades (INEGI, 2006), el mapa donde se puede ver la distribución de los distritos mineros en Oaxaca se puede ver en la figura 2.2. Las características de los distritos son:

- Distrito de Coixtlahuaca. En este distrito no se tiene registro de depósitos para explotación de minerales metálicos, mientras que de minerales no metálicos se tiene presencia de: grafito, cuarzo, travertino, granate, mica, lutita carbonosa, mármol y caolín con 340 mil toneladas probadas hasta el momento, estos se encuentran principalmente en los municipios de Tepelmeme, Villa de Morelos, San Juan Bautista Coixtlahuaca, Concepción Buena Vista, San Mateo Tlapiltepec y San Miguel Tulancingo.
- Distrito Huajuapán. Los minerales metálicos que se pueden encontrar en este distrito son: oro, plata, plomo, cobre, zinc y manganeso con reservas potenciales de 14, 000 toneladas y los minerales no metálicos son: arcilla bentonítica, arena sílica, yeso, barita, caolinita, carbón, cantera roja, arena y gravas con una reserva de 5.6 millones de toneladas. El municipio representativo de minerales metálicos es San Jerónimo

Silacayoapilla y para minerales no metálicos San Pedro y San Pablo Tequistepec (Torales Iniesta, 2008).

- Distrito de Juxtlahuaca. Los minerales metálicos que se reportan en este distrito son: oro, plata, plomo, zinc, manganeso, antimonio, cobre y hierro con más de 316 mil toneladas en existencia y los minerales no metálicos son: carbón, yeso, arcillas, mármol, travertino y rocas dimensionales con 120 mil toneladas de reservas potenciales. Cuyos municipios representativos son San Juan Mixtepec, San Martín Peras y Santiago Juxtlahuaca para minerales metálicos y San Sebastián Tecomaxtlahuaca para minerales no metálicos (INEGI, 2006).
- El distrito de Nochixtlán: Los minerales metálicos que se pueden encontrar en este distrito son: oro, plata, hierro, cobre, manganeso con 38 mil toneladas potenciales y los minerales no metálicos son: cuarzo, canteras de rocas tobáceas, micas, feldespatos, barita, arcillas y tierras raras con más de 38 millones de toneladas potenciales. Los principales municipios son: Magdalena Jaltepec, San Mateo Sindjhui, Asunción Nochixtlán y San Pedro Tezoacalco para minerales metálicos y para minerales no metálicos Santo Domingo Nuxaa, Yanhuitlán, Magdalena Jaltepec y San Juan Tamazola (INEGI, 2006).
- Distrito de Silacayoapan: Los minerales metálicos que se pueden encontrar en este distrito son: oro, plata, plomo, cobre y zinc con 54 mil toneladas potenciales, y de minerales no metálicos se puede encontrar barita, yeso y cuarzo con más de 22 millones de toneladas. Los municipios más representativos son San Lorenzo Victoria para minerales metálicos y para no metálicos Silayoapan, Ixpantepec y Santiago Tamazola (INEGI, 2006).
- Distrito de Teposcolula. En este distrito existe exploración de minerales metálicos, siendo estos oro, plata, cobre, hierro y manganeso los que se han podido registrar, en las localidades de Chilapa de Díaz, San Antonio Monte Verde, San Pedro, San Pablo Teposcolula y Santo Domingo Tlatayapan, Para los minerales no metálicos se tiene presencia de bentonita, carbón, ónix, travertino, caolín y cantera de mármol, con una capacidad de 3.2 millones de toneladas. Los principales distritos para minerales no metálicos son San Pedro, San Pablo Teposcolula, Villa de Chilapa de Díaz y San Bartolo Soyaltepec (INEGI, 2006).
- Distrito de Tlaxiaco. Los depósitos de minerales metálicos que se han podido documentar comúnmente son de manganeso, antimonio, mercurio y hierro en los municipios de Heroica Ciudad de Tlaxiaco, San Pedro Mártir Yucuxaco, San Martín Itunyuso, Santa María Yolotepec, San Antonio Sinacahua y San Antonio Tijaltepec con poca presencia de oro, mientras que los minerales no metálicos son: carbón, yeso, arcillas, travertino y barita, que se encuentran principalmente en los municipios de San Miguel el Grande, San Agustín Tlacotepec, San Juan Ñumi, Santiago Yosondúa, Santa María Tataltepec, San Juan Teita, Heroica Ciudad de Tlaxiaco y Santiago Nundiche (INEGI, 2006).

Capítulo III

3. Análisis y resultados del daño potencial de los jales en el estado de Oaxaca

La metodología que se siguió en el análisis fue tomar como la NOM-141-SEMARNAT-2003 donde se tomaron las características de la tabla 1.1, las cuales determinan la ubicación de una presa de jales.

Una vez que se determina la información que se va usar, se buscan los archivos que se encuentran disponibles en geo portales y en el caso de que no se encuentren, se procede a georreferenciar la información, esto es que a partir de una base de datos los cuales pueden geo localizarse por medio del uso de coordenadas se elabore un archivo donde se pueden visualizar los datos en un mapa.

Posteriormente se utilizaran estos archivos en QGis para verificar el cumplimiento de la presente norma, basándose de la tabla 1.1, partiendo desde los aspectos climatológicos, hasta los de biodiversidad y ecosistemas frágiles.

Finalmente se establecerán las zonas en las que se incumpla la normatividad, estas zonas se identificarán con la mineras que se encuentran en el estado de Oaxaca y se hará un análisis con los resultados obtenidos para identificar los problemas al medio ambiente que generan las mineras que incumplen la normatividad.

3.1 Aplicación de la NOM-141-SEMARNAT-20103

El presente trabajo tiene el propósito de localizar las zonas vulnerables por la contaminación de jales mineros, por lo que se hará uso de la NOM-141-SEMARNAT-2003 la cual establece el procedimiento y especificaciones para caracterizar el sitio en el que se dispondrán los jales resultado del beneficio de minerales de interés, con la finalidad de minimizar el impacto al medio ambiente.

Por lo que se harán uso de las especificaciones para la caracterización del sitio en el que se va a llevar a cabo la construcción de una presa de jales, en específico para las minas que implementarán una planta de beneficio de los minerales de antimonio, óxidos de cobre, pirita de cobre, plomo y zinc, que de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-1993 son aquellos que están considerados como peligrosos por su toxicidad.

La tabla 1.1 presenta los aspectos que se deben de considerar de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT-2003; sin embargo, las características edafológicas y geotécnicas no se pueden

determinar por medio de un análisis en el cual solo se hace uso de sistemas de información geográfica, además de que este tipo de análisis son estudios a detalle y aplicando la información de éstos se definen características específicas para la construcción de las presas de jales, por lo que estos no se considerarán en este trabajo.

Además, para las mineras que tengan características tales que exista potencial de daño se debe aplicar el Anexo III una vez que se haya comprobado que se encuentra en una zona vulnerable.

Igualmente es necesario mencionar que este trabajo se realizó con el uso del programa QGIS 2.18.13, este programa es un Sistema de Información Geográfica de código abierto y permite manejar muchos formatos en función de datos raster, vectoriales y base de datos, los más usados en el trabajo fueron en archivos tipo .shp, JPG. Este programa permite visualizar, editar y analizar datos con la facilidad de tener una interfaz gráfica (QGIS, 2018).

3.2 Recopilación de información y tratamiento de información

3.2.1 Recopilación de la información

La información que se usó en este trabajo fue recopilada del geo portal de CONABIO e INEGI, las capas con las que se trabajó, se seleccionaron de acuerdo con la NOM-141-SEMARNAT-2003, en la tabla 3.1 se puede ver la información que se necesita para el análisis con respecto a la tabla 3.2.

Tabla 3.1 de Capas necesarias en el análisis de QGIS y sus fuentes.

CAPA	FUENTE
División política estatal 2015	CONABIO
Minería de México 2013	INEGI
Puntos de control de agua subterránea 2013	CONABIO
Zona Hidrológica	CONABIO
Subcuencas Hidrológicas	CONABIO
Topografía Relieve 2015	CONABIO
Hidrografía 2008	CONABIO
Especies en riesgo y prioritarias 2011	CONABIO
Isoyetas de Intensidad de lluvia vs. Período de retorno	Georeferenciado de con información de SCT
Regiones mineras	Georeferenciado de la información del SGM

Tabla 3.2. Información requerida para el análisis en QGIS.

Aspectos ambientales para la localización del sitio			
Climatológicos	Hidrológicos		Biodiversidad y ecosistemas frágiles o únicos
	Superficial	Subterránea	
Zona hidrológica del sitio	Delimitar la subcuenca hidrológica donde se encuentra el sitio del depósito de jales.	Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en una franja perimetral de 500 m.	Realizar una caracterización del sitio, identificando la presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.
Tormenta máxima observada para 24 h.			
Tormenta de diseño para un periodo de retorno establecido de acuerdo a la clasificación del jal, zona hidrológica y Topografía del sitio.	Determinar el área de inundación de la subcuenca.		El manejo de las especies en riesgo debe llevarse a cabo conforme a la Ley General de Vida Silvestre
	En caso de que existan parte aguas de la subcuenca a menos de 500m se tomaran estos como limites.	El sitio seleccionado no debe encontrarse en un una zona que represente riesgo a las especies de la NOM-059-SEMARNAT-	
Velocidad, dirección y frecuencia de los vientos	Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales		Definir los tipos de vegetación que serían afectados.

Periodo de retorno de la tormenta de diseño (años)

Topografía	Zona Hidrológicos					
	Seca		Húmeda		Ciclónica	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Montañoso	5	25	25	50	50	50
Lomerío	25	100	25	100	50	100
Plano	25	100	50	100	100	100

** (1) Para jales no tóxicos, (2) Para jales tóxicos

Elaborada con información de la NOM-141-SEMARNAT-2003.

3.2.2. Tratamiento de la información

Para las capas que se obtuvieron de INEGI y CONABIO fue necesario cortarlas con una capa del estado de Oaxaca la cual se obtuvo del archivo .shp de la división política estatal, para que el estudio quede delimitado en la zona del trabajo como se puede ver en la figura 3.1.

Además, en las capas de zona hidrológica y topografía se tuvo que hacer una separación de sus componentes para facilitar el estudio, en el caso de la zona hidrológica se dividió el archivo en húmedo y ciclónico no se incluyó seco porque en el estado de Oaxaca no existe ese clima, para el archivo de topografía se dividió en Montañoso, lomerío y Plano, el resultado se puede ver en la figura 3.2.

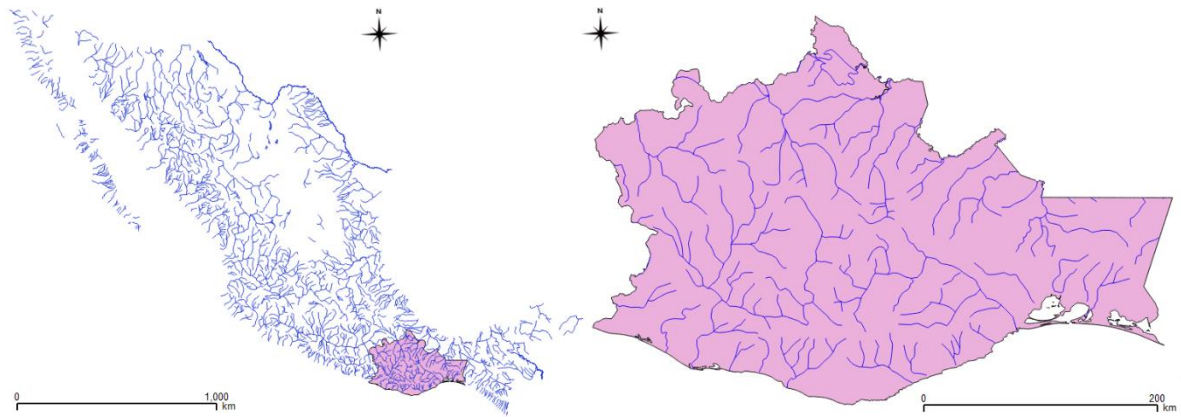


Figura 3.1 Corte de una capa vectorial.

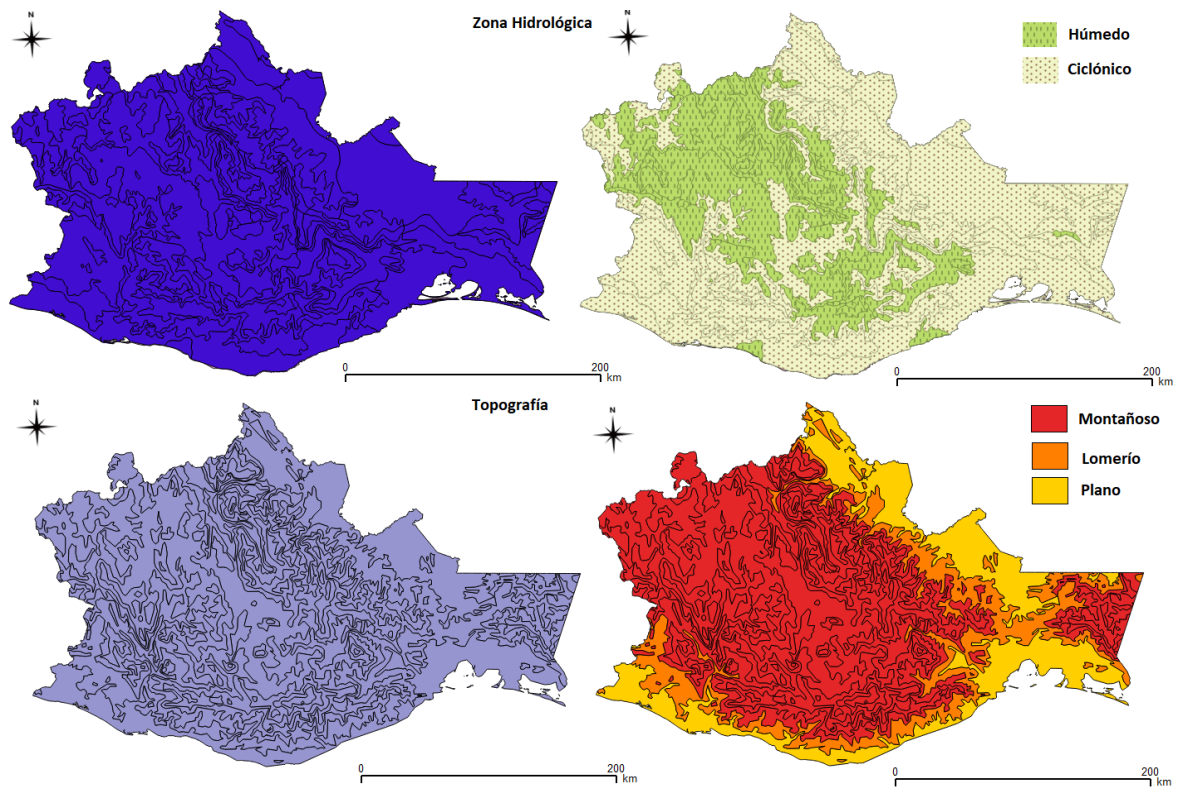


Figura 3.2 División de las capas Zona Hidrológica y Topografía.

Otra capa que necesitó tratamiento especial es la de ecosistemas frágiles, la cual se obtuvo de la combinación de una serie de capas, las cuales se obtuvieron de CONABIO conforme a la NOM- 059-SEMARNAT-2001, las especies contenidas en la norma y que además se encuentran en Oaxaca están contenidas en la tabla 3.3 y la capa terminada con todas las especies se puede ver en la figura 3.4.

Tabla 3.3 Capas de especies listadas en el NOM-059-SEMARNAT-2001 en el estado de Oaxaca.

Mamíferos	Aves
Carnívora	Psittaciformes
<i>Eira barbara</i> (tayra)	<i>Ara macao</i> (guacamaya roja)
<i>Leopardus pardalis</i> (ocelote)	<i>Aramilitaris</i> (guacamaya verde)
<i>Leopardus wiedii</i> (tigrillo)	
<i>Panthera oca</i> (jaguar)	Reptilia
Artiodactyla	Testudines
<i>Tayassu pecari ringens</i> (pecarí de labios blancos)	<i>Lepidochelys olivacea</i> (tortuga golfina)
Primates	
<i>Alouatta palliata</i> (saraguato de manto)	Plantae
<i>Alouatta geoffroyi</i> (mono araña)	Magnoliopsida
Lagomorpha	Cactaceae
<i>Lepus flavigularis</i> (liebre de tehuatepec)	<i>Aporocactus flagelliformis</i> (cactus junco floricuerno)
Perissodactyla	Liliopsida
<i>Tapirus bairdii</i> (tapir centroamericano)	Areaceae
Xenarthra	Chamaedorea
<i>Tamandua mexicana</i> (oso hormiguero)	Agavaceae
Pilosa	<i>Agave nizandensis</i> (maguey de nizanda)
<i>Cyclopes didactylus</i> (oro hormiguero dorado)	Cycadopsida
Didelphimorphia	Zamiaceae
<i>Chironectes minimus</i> (tlacuache de agua)	<i>Dioon rzedowskii</i> (tush-kju)

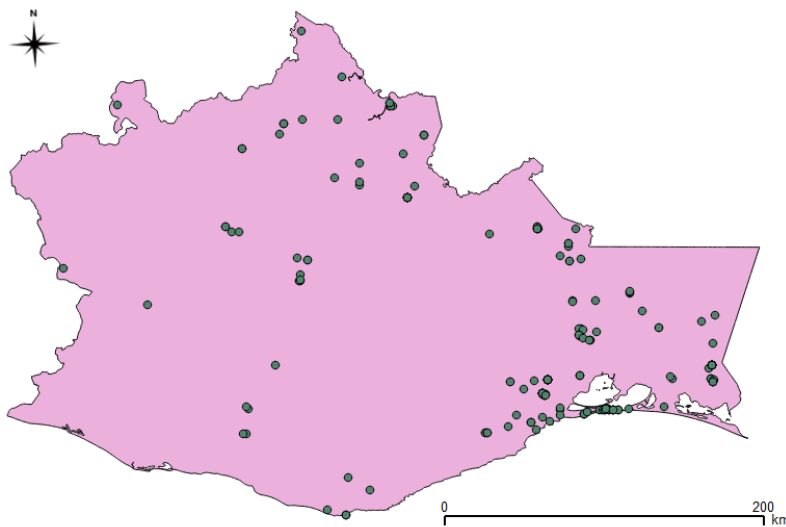


Figura 3.4 Especies de la NOM.059-SEMARNAT-2001 en el estado de Oaxaca.

Para la información que se georreferenció como en las capas de isoyetas de intensidad de lluvia vs periodo de retorno se tomó la información que proporciona la Secretaría de Comunicaciones y Transportes sobre los modelos de isoyetas de intensidad de lluvia tomando la duración de la tormenta de 30 minutos. Además, para la capa de Regiones mineras se

utilizó la información que se proporcionó en el apartado 2.2, los resultados se pueden ver en la figura 3.5.

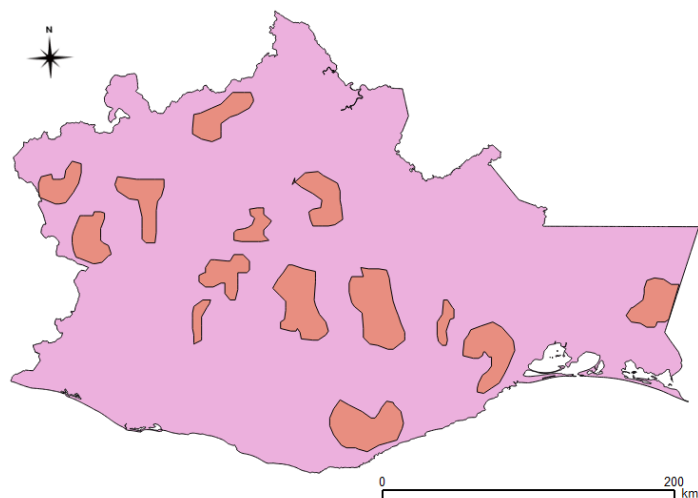


Figura 3.5. Capas georreferenciadas.

También se debe hacer una separación de las regiones mineras que pueden contener plantas de beneficio de minerales con riesgo de toxicidad, que de acuerdo con la NOM-053-SEMARNAT-2001 son aquellas que contengan los minerales de antimonio, óxidos de cobre, pirita de cobre, plomo y zinc, por lo que de acuerdo con la tabla 2.4. Esto se hace para facilitar el uso de la capa, es decir, al momento de hacer el análisis se utilizará la parte de las regiones mineras con minerales tóxicos hacer una relación con las mineras que contienen estos minerales, resultando la figura 3.6

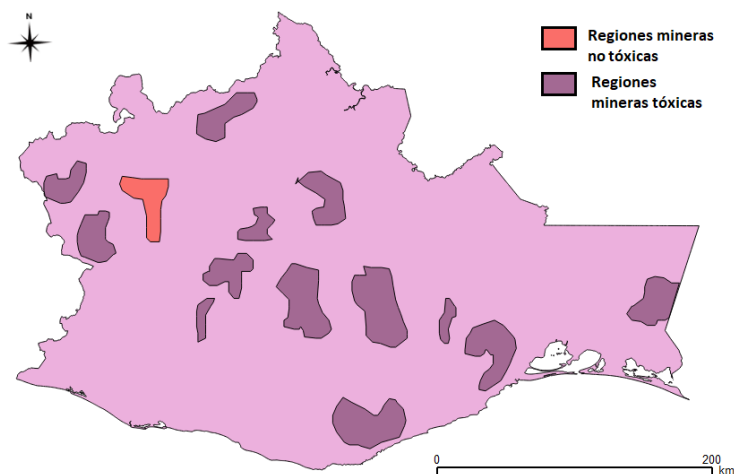


Figura 3.6 Regiones mineras tóxicas y no tóxicas.

Finalmente, todas las capas que se utilizaron ya con el tratamiento previo al modelado se pueden ver en las figuras 3.7 y 3.8.

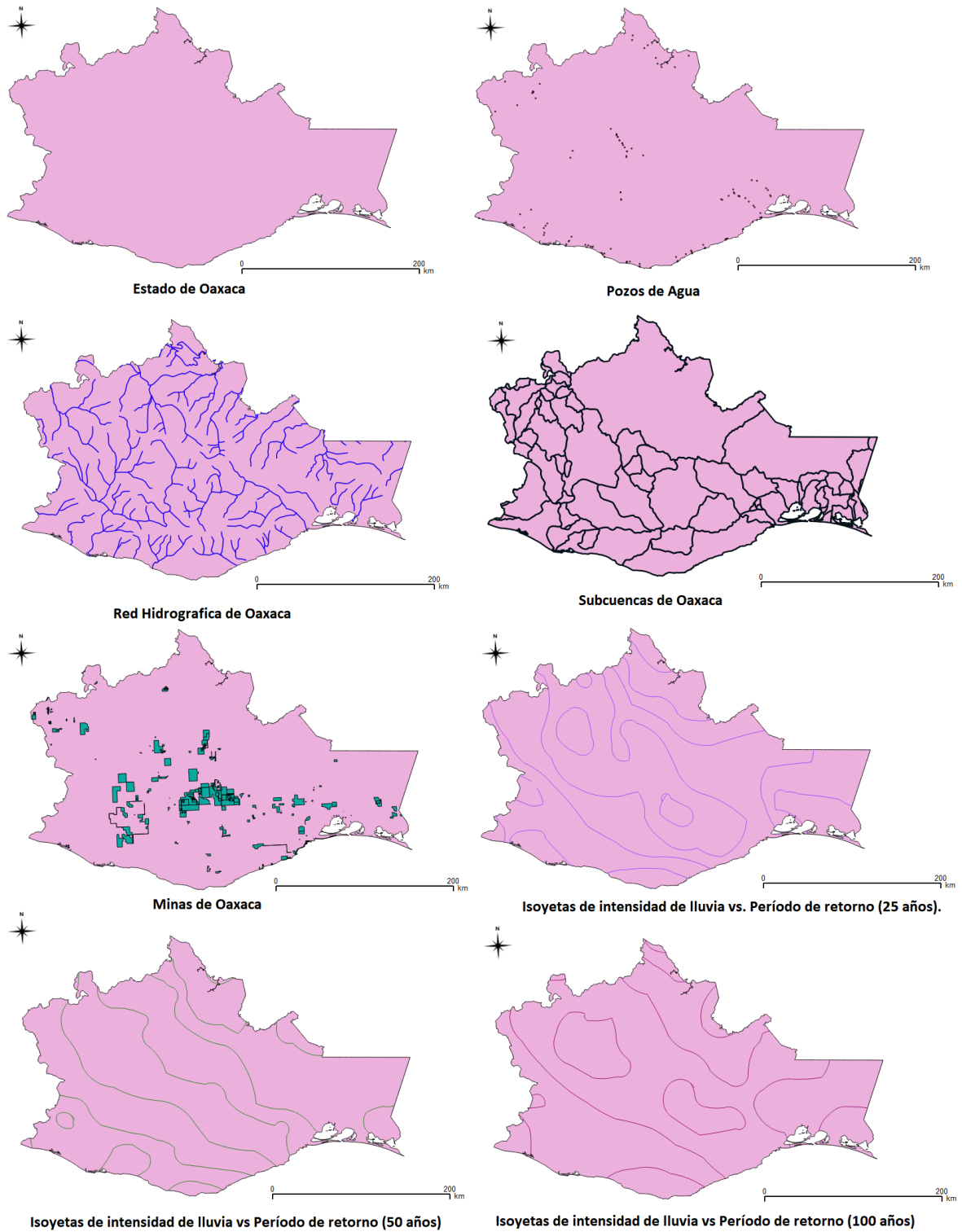


Figura 3.7 Capas que se utilizaron en el análisis.

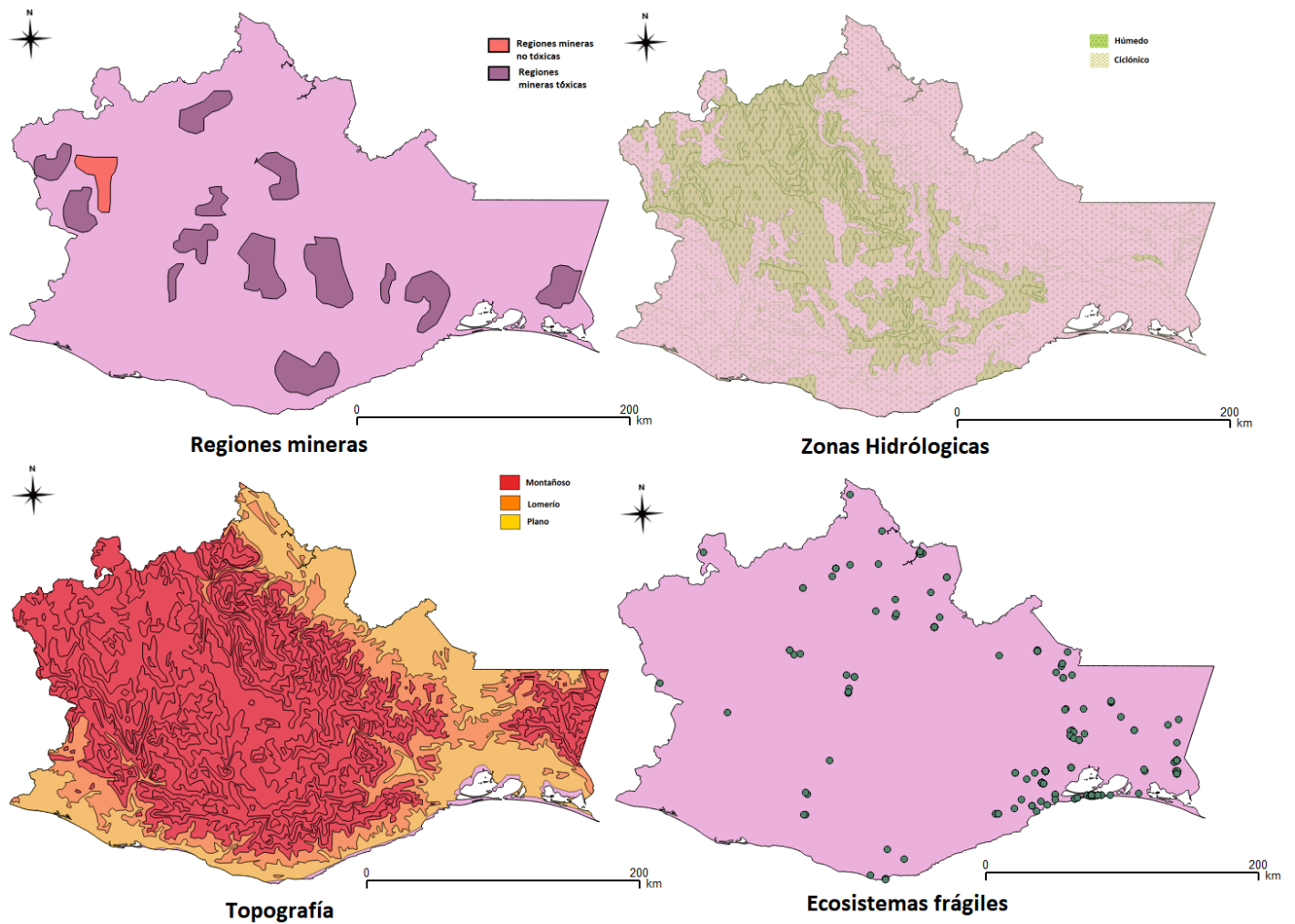


Figura 3.8 Capas que se utilizaron en el análisis.

3.3 Modelación con QGis y Resultados

De acuerdo con el objetivo del trabajo es necesario identificar las minas que no cumplen la NOM-141-SEMARNAT-2003, debido a esto es necesario hacer un análisis extenso con cada una de las especificaciones de la norma. De manera que se tomará la tabla 3.2 como referencia para seguir una metodología, iniciando con los aspectos climatológicos, seguidos de los hidrológicos y por último los de Biodiversidad.

Posteriormente es necesario identificar el periodo de retorno de la tormenta de diseño para jales tóxicos y no tóxicos, basándose en la tabla 3.2 de manera que se hará una serie de intersecciones de las capas de topografía y las zonas hidrológicas, resultando la figura 3.9

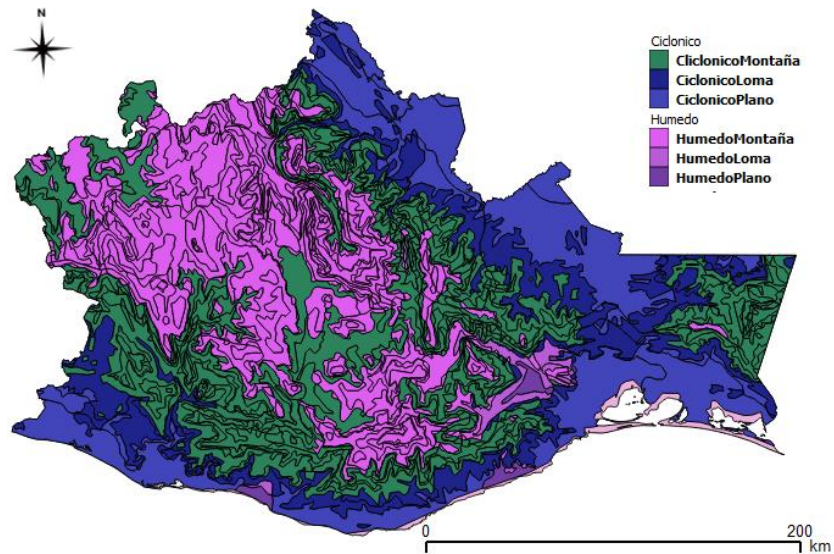


Figura 3.9 Intersección de las capas de Zona Hidrológica y Topografía.

Una vez que se tienen las intersecciones de las zonas hidrológicas y la topografía se debe de identificar las minas que se encuentran dentro de las regiones mineras con jales tóxicos y no tóxicos, por lo que se aplicará una operación llamada “cortar” con la capa de minas de Oaxaca y con la de regiones mineras de Oaxaca, quedando la figura 3.10

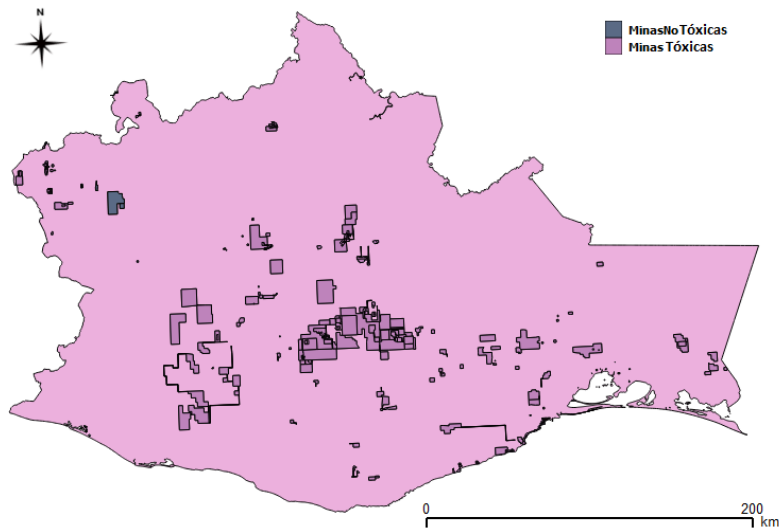


Figura 3.10 Minas Tóxicas y No Tóxicas.

Después se debe de identificar el periodo de retorno de la tormenta de diseño que corresponde a cada mina, según su toxicidad, zona hidrológica y topografía, por lo que se intersestrarán las capas hasta ahora generadas (las 6 intersecciones de las regiones hidrológicas y topografía con las minas tóxicas y no tóxicas), obteniendo la figura 3.11

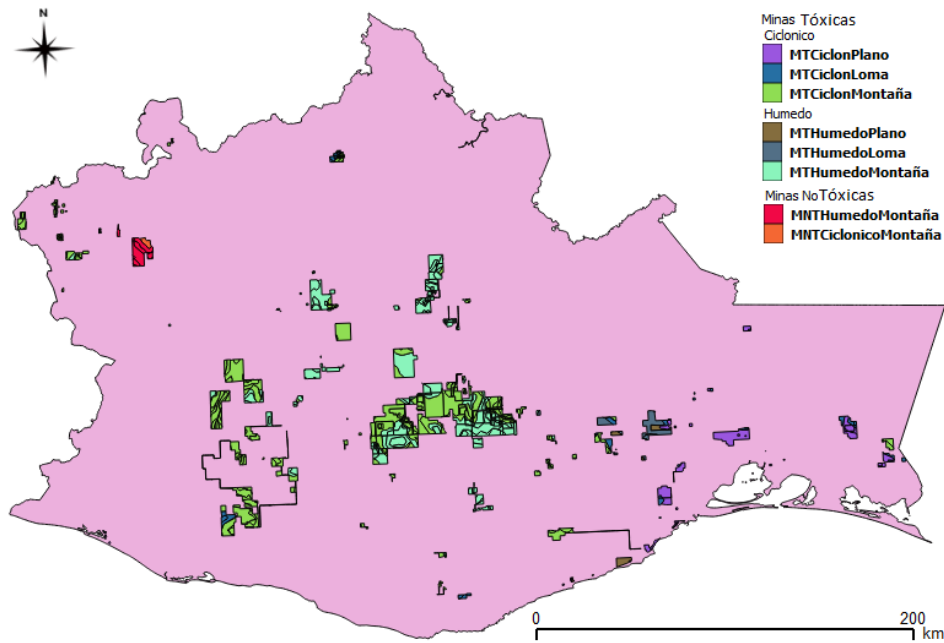


Figura 3.11 Intersección de las capas Regiones Hidrológicas, Topografía y Minas con jales tóxicos y no tóxicos.

Para definir el periodo de retorno que le corresponde a cada mina se debe analizar la tabla 3.2, de manera que se usan las intersecciones de la figura 3.11 y se seleccionan las minas con respecto a sus periodos de retorno correspondientes, como se ve en la figura 3.12.

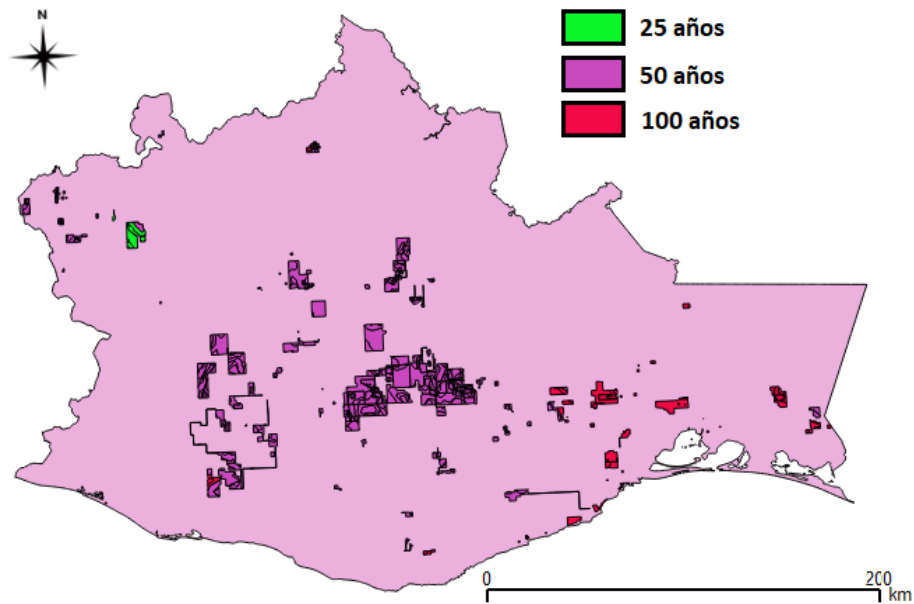


Figura 3.12 Periodos de retorno de la tormenta de diseño correspondiente a cada mina.

Después con los periodos de retorno de la tormenta de diseño de la figura 3.12, y con la capa de isoyetas de Intensidad de lluvia vs. Periodo de retorno se intersestrarán las dos capas, de

este modo se identificarán las minas que se encuentran en áreas de inundación de acuerdo con el periodo de retorno a las que fueron asignadas. Como se ve en la figura 3.13

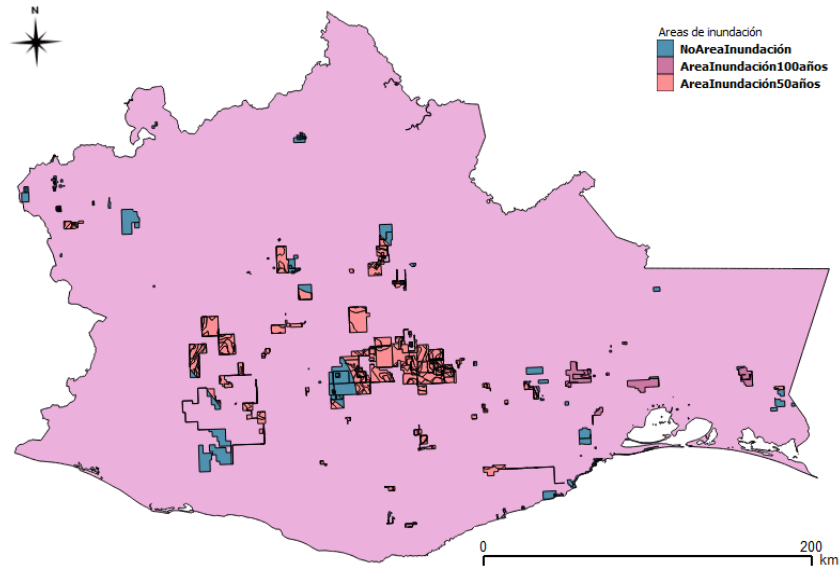


Figura 3.13 Minas que se encuentran o no en áreas de inundación.

Posteriormente se define el parteaguas de la sub cuenca, el cual es la zona más alta de la cuenca hidrográfica, por lo que se utilizará la capa de sub cuenca hidrográfica, la capa de red Hidrográfica y la capa de topografía, y se realiza un análisis en el cual se verifica que los límites de las sub cuencas sean las zonas más altas y los ríos sean las zonas más bajas, de este modo se comprueba que los límites de las sub cuencas sean los parteaguas, sin embargo donde teóricamente no se cumple esta relación es en la zona donde desemboca el río principal, porque es una de las zonas más bajas de la cuenca, entonces se hace un corte de la capa de red hidrográfica y la capa de la delimitación de sub cuencas, quedando el resultado en la figura 3.14

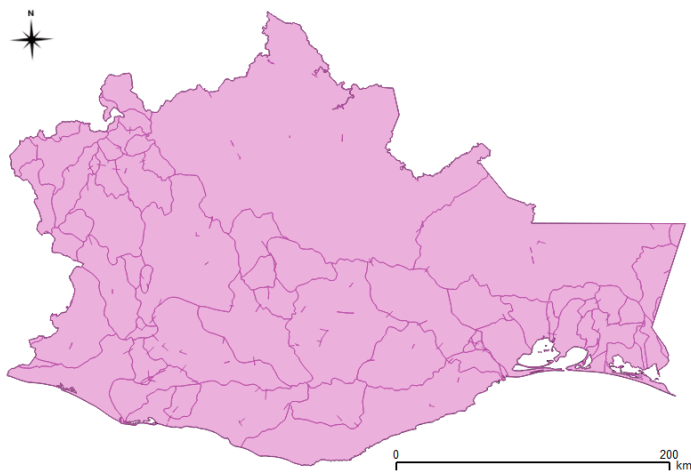


Figura 3.14. Parte aguas de las subcuencas de Oaxaca.

Lo siguiente fue agregar una capa buffer 500 metros a la capa generada de parteaguas y a la capa ya existente de los pozos de agua, en la figura 3.15 se puede ver la diferencia de la capa parteaguas y pozos sin un perímetro de 500 metros y la capa buffer con el perímetro de 500 metros.

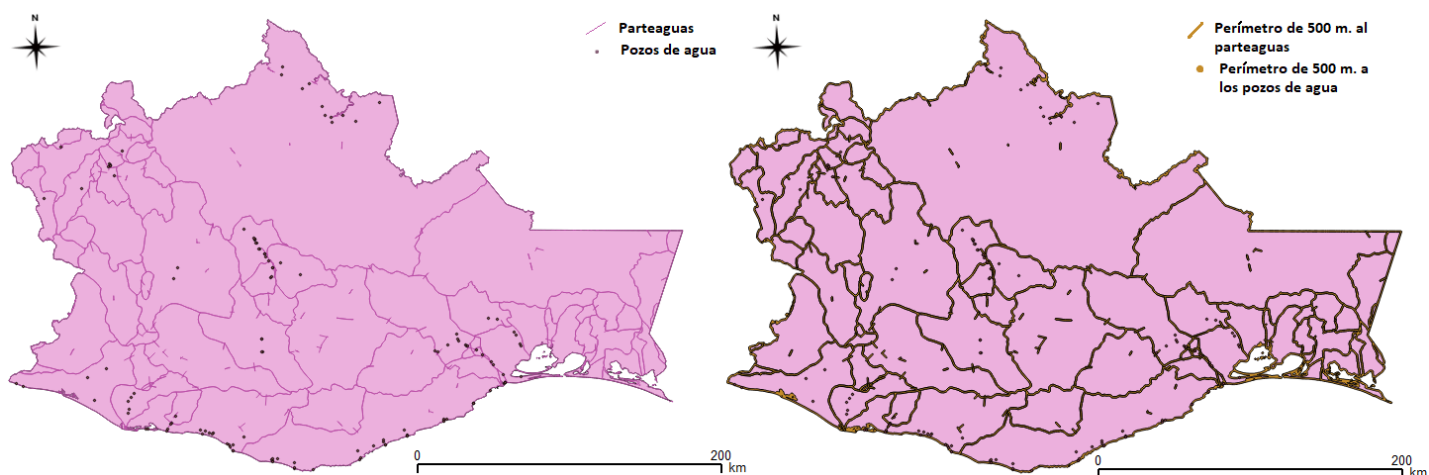


Figura 3.15 Comparación de las capas de Parteaguas y Pozos de agua con un perímetro de 500 metros.

A continuación se hizo un análisis final donde se agregaron los archivos generados de “Perímetro de 500 metros al parte aguas”, “Perímetro de 500 metros a los pozos de agua”, “Minas que se encuentran y no en las zonas de inundación” y la capa que fue elaborada sobre las especies de ecosistemas frágiles, resultando un gráfico como el que se ve en la figura 3.16.

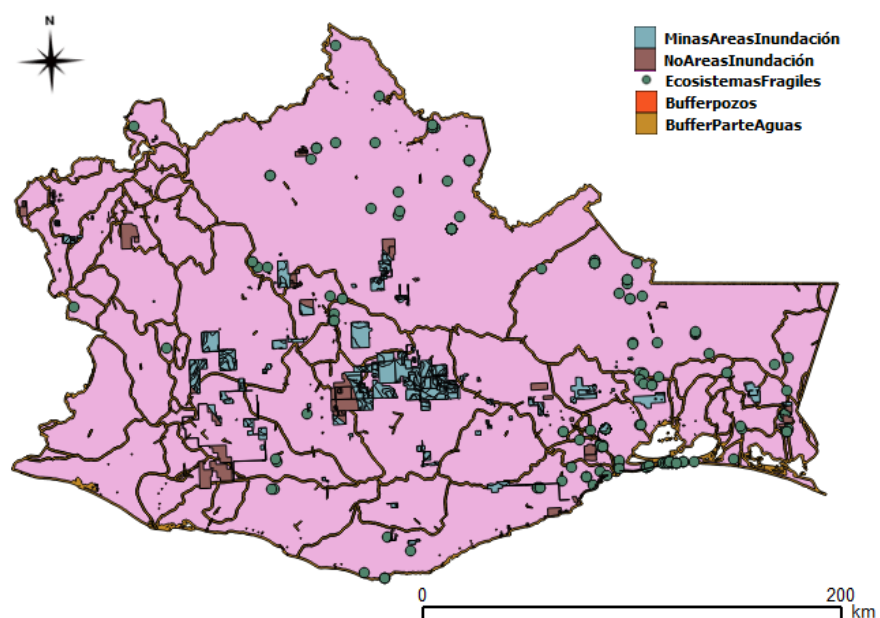


Figura 3.16 Integración de todas las capas.

El análisis que siguió fue hacer es que las minas que se superponían a las capas citadas anteriormente no cumplen con la NOM-141-SEMARNAT-2003, mientras que aquellas que no se superponen si cumplen con la norma, por lo que se hace un corte con las capas “Perímetro de 500 metros al parte aguas”, “Perímetro de 500 metros a los pozos de agua” y la capa “Minas que no se encuentran en zona de inundación” ya que aquellas que si se encuentran en la zona de inundación no cumplen la norma, por lo que al final las minas que cumplen la norma se quedan como una capa llamándose “Cumple Norma” y las minas que no cumplen la norma se unirán a una nueva capa “No Cumple Norma” al igual que las minas que se encuentran en la zona de inundación , quedando como resultado la figura 3.17.

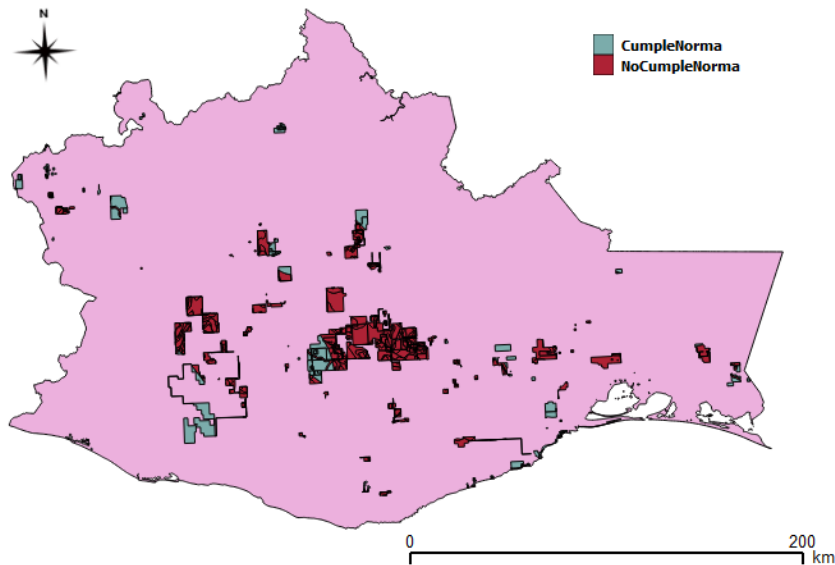


Figura 3.17 Minas que cumplen y no cumplen la NOM-141-SEMARNAT-2003.

3.4 Análisis de Resultados

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis de las zonas con daño potencial por la producción de jales mineros, con el propósito de localizar los sitios más vulnerables a la contaminación por estos residuos. De acuerdo con la normatividad ambiental las presas de jales deben de construirse en el lugar donde las empresas decidan instalar sus plantas de beneficio de minerales, por lo que el lugar donde se encuentren las minas es un sitio con alto potencial de tener una presa de jal.

De modo que para hacer la aplicación de la presente norma se tuvo que hacer una serie de análisis como los que se realizaron en el apartado 3.3, de manera que se cumpliera cada uno de los puntos de la norma, para finalmente tener un solo resultado, el cual se puede interpretar de una forma sencilla.

En la figura 3.18 se puede observar cuales son las minas que cumplen y las que no cumplen la normatividad, dónde es fácil observar que la mayoría de las minas que se encuentran en el estado de Oaxaca no cumplen con la normatividad.

Como lo dice la NOM-141-SEMARNAT-2003 aquellas minas que se benefician de los minerales de antimonio, óxido de cobre, pirita de cobre, plomo y zinc, son considerados como jales tóxicos por lo que la aplicación de la norma será de una forma diferente, en este caso con una asignación de mayor tiempo para el periodo de la tormenta de diseño, para este trabajo se puede ver que por la asociación mineral la mayor parte de los potenciales jales de las minas que se encuentran en Oaxaca son tóxicos, como se puede apreciar en la figura 3.18.

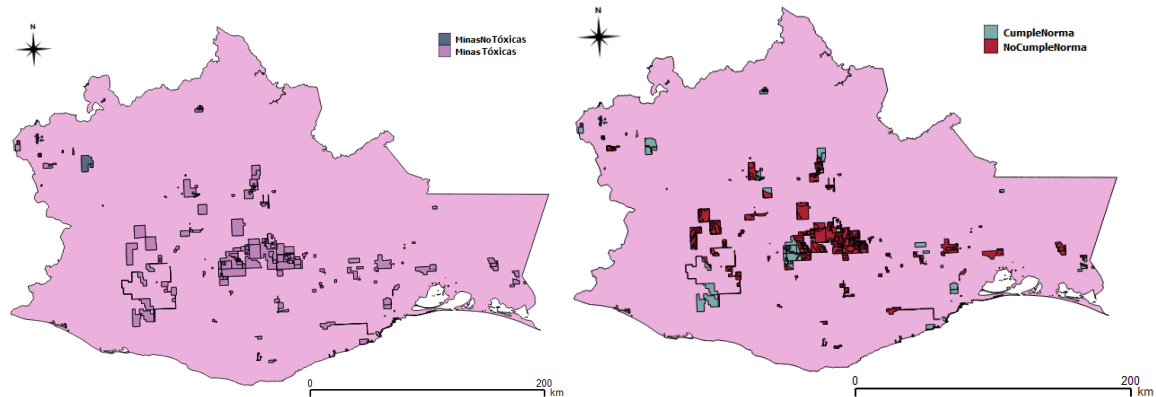


Figura 3.18. Comparación de las minas tóxicas y no tóxicas con las minas que cumplen y no cumplen la normatividad.

Al hacerse una comparativa con las minas que contiene jales tóxicos de la figura 3.4.1 y las minas que cumplen y no cumplen la normatividad de la figura 3.16 se puede apreciar que la mayor parte de los puntos analizados que no cumple la normatividad ambiental son minas con características de jales tóxicos.

Esto representa un serio problema ambiental ya que al tener una contaminación por residuos peligrosos implica graves riesgos a la salud de los habitantes que vivan en la cercanía de las zonas donde se extraen estos minerales, así como a las distintas especies animales y vegetales que habiten en el lugar, así como para los mismos trabajadores.

También se pudo observar en el análisis que la mayor parte de las minas que no cumplen con la normatividad ambiental es debido a que se encuentran en las zonas de inundación de los periodos de diseño asignados de acuerdo con sus características específicas de cada mina, como se ve en la figura 3.12. Por lo que al no cumplir específicamente con esta característica de la NOM-141-SEMARNAT-2003 y no tener una presa de jal que contenga los residuos o que se llegue a inundar la presa, los jales pueden diluirse en el agua y contaminar los cuerpos de agua superficiales y una vez que pase el periodo de la tormenta y el suelo absorba el agua éste también se contaminará, lo que representa un serio problema a la población cercana y al ecosistema.

Finalmente, las minas que no cumplan con la normatividad y se encuentren en sitios vulnerables debido a la instalación de una presa del jal, se debe aplicar el Anexo III, el cual indica que tipo de presa debe ser instalada, con forme a la topografía, clima y zona sísmica en la que se encuentra la mina en cuestión.

Capítulo IV

4. Propuestas para mejorar la actividad minera en el estado de Oaxaca

El estado de Oaxaca es uno de los estados con mayor complejidad geológica de México, pero no solo eso, sino también tiene una gran riqueza natural, dos factores que afectan directamente a la industria minera, ya sea por la dificultad de los estudios para explotación de minerales y por la riqueza ambiental que debe ser protegida a través de la normatividad.

Además de esto se agrega el factor social por todas las poblaciones que son afectadas y beneficiadas por la minera, es decir el hecho de que la minería tenga graves afectaciones en el medio ambiente es algo que aqueja directamente a la población en cuanto a cuestiones de salud, pero el hecho de que en una comunidad se instale una obra minera implica también desarrollo económico para esa misma comunidad, es por eso que en muchas poblaciones se aceptan los proyectos de explotación minera o simplemente se imponen.

Como se puede apreciar el tema es muy complicado en muchos aspectos, pero podría ser de gran ayuda darle seguridad a la población de que la normatividad ambiental será cumplida y utilizar modelos como el que se presenta en este trabajo ayuda en gran medida a localizar las mineras que no cumplen con la normatividad, al menos para el manejo de jales mineros.

Por otro lado, también se podría aplicar este tipo de modelamiento para el resto de las normas aplicadas a la minería para el cuidado del medio ambiente; sin embargo, es necesario tener datos actualizados para poder llevar un buen control del cumplimiento de la normatividad, aspecto que depende totalmente de los organismos que se encargan del manejo de información, lo cual se podría lograr con acuerdos entre los organismos reguladores de las normatividades ambientales y los organismos que se encargan de la actualización de la información.

Igualmente se debe de enfatizar el hecho de regularizar u obligar a todas las empresas mineras, ya sean pequeñas o grandes al uso de las presas de contención de jales mineros, ya que este tipo de proyectos de ingeniería están diseñados para evitar la contaminación de la zona que está siendo explotada, de otro modo no funcionaría el hecho de que se fortalezcan las normatividades ambientales o se hagan programas para identificar las zonas con riesgo de contaminación.

Del mismo modo se debería de profundizar en la normatividad de la construcción de las presas de jales, ya que la única parte de la norma en la que se habla sobre el diseño de las presas es en el Anexo III, que se puede ver en el apartado 1.2, solo es una tabla identificando el tipo de presa que debe ser aplicada para cada caso en específico, pero no existe algún tipo de documento oficial que establezca las características que debe presentar el diseño de una presa de jales.

Por último, implementar un organismo que se encargue de verificar la normatividad ambiental de cada región minera de Oaxaca sería una buena propuesta, porque las regiones

mineras tienen las mismas condiciones metalogénicas y podría resultar más fácil para los organismos verificadores aplicar la normatividad ambiental al pie de la letra.

Capítulo V

5. Conclusiones

La presente tesina tuvo como objetivo hacer un análisis de las zonas con un posible daño potencial por la producción de jales mineros en el estado de Oaxaca, con el propósito de localizar los sitios más vulnerables a la contaminación por estos residuos, haciendo uso de sistemas de información geográfica, en este caso del programa llamado QGis.

El trabajo estuvo basado principalmente en un análisis con sistemas de información geográfica, haciendo uso de las características para establecer una presa de jales de la NOM-141-SEMARNAT-2003, dichas especificaciones están hechas para proteger el medio ambiente por la producción de residuos mineros.

De modo que para realizar el análisis se debe de hacer una serie de consideraciones como las de contar con la información necesaria como la que pide la norma y en caso de no ser así, identificar cuantos archivos se deben de generar por cuenta propia, además se debe investigar que los archivos a utilizar se encuentren vigentes o son compatibles unos con otros. En el caso de este trabajo se tuvo que georreferenciar dos archivos, de los cuales se pudo extraer información con datos que tienen la posibilidad de georreferenciarse.

En particular para este análisis se pudo trabajar con la información que pide a norma, en un orden como está redactado en la norma, donde primero se debe de hacer análisis para identificar el periodo de retorno de la tormenta de diseño y de ese modo identificar las minas que se encuentran dentro de las zonas de inundación para determinado periodo de acuerdo con sus características, para finalmente verificar que todas las especificaciones se cumplan.

Lo resultados mostraron que la mayor parte de las minas en Oaxaca pueden presentar características tóxicas de acuerdo a la NOM-141-SEMARNAT-2003, debido a los tipos de metales que se extraen en esas zonas, para el caso de estas mineras los daños causados pueden ser muy significativos..

De igual manera se puede observar en los resultados específicamente en la figura 3.18 que existe un gran número de minas que no cumplen con la normatividad, y además son minas con características tóxicas, por lo que el riesgo de ocasionar un impacto ambiental desfavorable es muy alto.

Sin embargo, el número de minas que pueden afectar al medio ambiente puede ser mucho mayor, tan solo por el hecho de que muchas empresas no colocan una presa de jales, ya sea porque es un proyecto que implica sumas fuertes de dinero o porque al ser micro empresas que no extraen grandes volúmenes de minerales y directamente nos les afecta el manejo de

sus residuos, o simplemente no tiene planes específicos para la disposición de sus residuos (MarcadorDePosición1). Por lo que en el caso de las microempresas mineras la mejor solución es aplicar los planes de manejo de residuos de la minería haciendo énfasis en la parte de reducir su generación en la fuente.

Igualmente se debe de enfatizar el uso de los planes de manejo de residuos mineros en las empresas grandes, en beneficio del medio ambiente y económicamente para la misma minera, ya que al reducir los volúmenes de residuos se puede reducir el tamaño para la presa de jales y eso implica que la construcción de esta sea de menor envergadura, además de un mejor aprovechamiento del espacio.

Finalmente se debe generar una normatividad más firme o mantener un contacto constante con las instituciones verificadoras del cumplimiento de la normatividad, en este caso utilizar un análisis como el que se utilizó en esta tesina podría ayudar bastante para saber a qué zonas se debe acudir con periodicidad.

E indiscutiblemente se debe promover el uso del plan de manejo de residuos mineros, ya que es una de las mejores alternativas que puede haber para tener un manejo integral de los residuos, lo que implica menores riesgos a la salud y al medio ambiente, y por consiguiente sería una forma de que la sociedad acepte mejor a la industria minera en las localidades donde viven.

Referencias

- Ávila Rueda, L. (9 de Octubre de 2014). *CMIC*. Obtenido de La industria minera de México y su Normatividad Ambiental:
<http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/minero/Conferencias/Tema%202/Ing%20Luis%20Eduardo%20De%20C3%81vila%20Rueda.pdf>
- Bargalló, M. (1969). *La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial*. México: CFFAM.
- CAMIMEX. (2012). *Cronología de la minería*. Obtenido de CAMIMEX:
<https://www.camimex.org.mx/index.php/secciones1/sala-de-prensa/cronologia-de-la-mineria/>
- Ecosfera. (19 de Abril de 2017). Oaxaca, vulnerable por conflictos sociales y proyectos mineros. *Ecosfera*.
- El imparcial. (07 de Marzo de 2018). *El imparcial*. Obtenido de El imparcial el mejor diario de Oaxaca: <http://imparcialoaxaca.mx/oaxaca/133433/gobierno-estatal-promociona-oaxaca-para-inversion-minera/>
- Enrique Fuente, M., & Barkin, D. (2012). La minería como factor de desarrollo en la Sierra Juárez de Oaxaca. Una valoración ética. *Problemas del Desarrollo*, 172-216.
- Enrique Sánchez, L. (Abril de 2014). *Ingeniero ambiental*. Obtenido de Manejo de residuos sólidos en la minería: <http://www.ingenieroambiental.com>
- Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C. (18 de Agosto de 2017). *Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C.* Obtenido de Presa de Jales :
<https://agua.org.mx/glosario/presas-de-jales/>
- García Segura, P. (04 de Septiembre de 2013). *Instituto de Ingeniería UNAM*. Obtenido de http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/MemoriasdeEventos/ForoGestionSuelosContaminados/05%20Fecha%204%20septiembre%202013/02_ResiduosMineros_Garcia.pdf
- Geoinnova. (03 de Septiembre de 2016). *Geoinnova*. Obtenido de Minería y medio ambiente:
<https://geoinnova.org/blog-territorio/mineria-medio-ambiente-casos-contaminacion/>
- Gobierno del Estado de Oaxaca. (2011). *Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Oaxaca*.
- Gógora Pérez, J. (2013). Evolución reciente de la minería en México. *Comercio Exterior*, 2-6.
- Gutiérrez Ruiz, M. E., & Moreno Turrent, M. (1995). Los residuos en la minería mexicana. *SEMARNAP/INE*, 37-44.
- INEGI. (2006). *Anuario estadístico de Oaxaca*. Oaxaca : Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos .

- León Portilla, M. (1984). *La minería y la metalurgia en el México Antiguo*. México: Comisión del fomento minero.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, DOF 07-12-2006 (Mexico, Distrito Federal 29 de Septiembre de 2005).
- MAPAMA. (12 de Junio de 2009). *Magisterio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de Ministerio Para la Transición Ecológica: <https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/mineros/>
- María, d., & Rodríguez Hernández, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México y sus productores rurales. *Ciencias*, 54-64.
- Martínez, M. (26 de Junio de 2014). *Red Mexicana de Anecdotes por la Minería*. Obtenido de Oaxaca, gran potencial minero a nivel nacional: <http://www.remamx.org/2014/06/oaxaca-gran-potencial-minero-a-nivel-nacional/>
- Muñoz, J. (1986). *La minería en México. Bosquejo histórico*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid .
- Ortega . (1992). *Carta Geológica de la Republica Mexicana escala 1:2000000*. Universidad Nacional Autonoma de México.
- QGIS. (30 de Agosto de 2018). *QGIS*. Obtenido de <https://qgis.org/es/site/about/index.html>
- Reyes Méndez, N. (03 de Octubre de 2016). *Contexto sobre minería en Oaxaca*. Obtenido de EDUCA Servicios Para una Educación Alternativa A.C. : <https://www.educaoaxaca.org/2097-contexto-sobre-miner%C3%ADa-en-oaxaca.html>
- Secretaría de Economía. (08 de enero de 2018). *Acciones y Programas de la Secretaría de Energía* . Obtenido de gob.mx: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>
- Servicio Geológico Mexicano. (2011). *Panorama Minero del Estado de Oaxaca* . Oaxaca : Gobierno Federal de los ESTADOS unidos Mexicanos .
- SGM. (23 de Junio de 2014). *Servicio Geológico Mexicano* . Obtenido de Oaxaca, gran potencial minero a nivel nacional: <http://www.educaoaxaca.org/observatorio/oaxaca-es-considerado-como-uno-de-los-estados-de-mayor-potencial-minero-a-nivel-nacional/>
- SGM. (22 de Marzo de 2017). *Servicio Geológico Mexicano* . Obtenido de Beneficio y transformación de minerales: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Beneficio-y-transformacion--minerales.html
- Southworth, J. (1901). *El estado de Oaxaca, Su historia, comercio, minería, agricultura é industrias. Sus elementos naturales en Español é Ingles*. Liverpool, Inglaterra: Blake & Mackenzie.
- Torales Iniesta, J. (2008). Recursos Minerales de la Mixteca Oaxaqueña. *Temas de Ciencia y Tecnología* , 49-57.

Torres, H. (02 de marzo de 2018). *El imparcial El mejor diario de Oaxaca*. Obtenido de <http://imparcialoaxaca.mx/los-municipios/131167/impulsan-desarrollo-de-comunidades-mineras-en-oaxaca/>

Zamora Ayala, V. d. (2003). El conocimiento de los Metales y su Beneficio por los Indigenas. *Acta Universitaria* , 35-48.