



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“INCIDENCIA DE LA MINERÍA NO METÁLICA EN EL CAMBIO DE
USO DE SUELO EN EL MUNICIPIO DE TEPETLAOXTOC DURANTE
EL PERIODO 2014- 2019”**

PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADA EN CIENCIAS
AMBIENTALES

PRESENTA:

GLADYS RAMÍREZ LÓPEZ

DIRIGIDA POR:

DRA. BELINA GARCÍA FAJARDO

DR. EN C. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA

Índice

Introducción	5
Antecedentes	7
Planteamiento del problema	12
Justificación	19
Objetivos	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
Capítulo 1 Marco Teórico Conceptual	22
Uso de suelo.....	23
Cambio de uso de suelo (CUS)	24
Desarrollo de megaproyectos	25
Megaproyecto NAICM y su relación con la minería no metálica.....	26
SIG y cambios de uso de suelo	28
Marco legal de la minería no metálica en México	30
La minería no metálica en el Estado de México	39
Capítulo 2 Metodología	42
Metodología de la investigación.....	42
Caracterización de la zona de estudio	44
Capítulo 3 Resultados y discusión	51
Sitios de Extracción de minería 2014-2019	51
Cambios de uso de suelo en Tepetlaoxtoc	57
Volumen de producción minera no metálica	62
Ganancias económicas de la producción minera	64
Estimación de impactos ambientales.....	66

Discusión	82
Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones	87
Recomendaciones	89
Referencias	92

Índice de graficas

Gráfica 1 Composición geológica del municipio de Tepetlaoxtoc.....	46
Gráfica 2 Actividades económicas en el municipio de Tepetlaoxtoc	49
Gráfica 3 Evolución de la minería de materiales no concesibles.....	56
Gráfica 4 Dinámica de cambio de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014 – 2019.....	61
Gráfica 5 Volumen de producción de minería no metálica	62
Gráfica 6 Minas y tipo de operación	63
Gráfica 7 Valor de la producción en miles de pesos de la minería no metálica	64
Gráfica 8 Personal ocupado en actividades de minería de minerales no metálicos en el período 2013 - 2019	65
Gráfica 9 Volumen de producción de arenas y tezontle 2013-2019.....	66

Índice de figuras

Figura 1 Mercado laboral de la minería en México.....	39
Figura 2 Provincias geológicas del Estado de México	40
Figura 3 Desarrollo de la metodología de investigación.....	42
Figura 4 Mapa de ubicación del municipio de Tepetlaoxtoc.....	45
Figura 5 Mapa geológico del municipio de Tepetlaoxtoc.....	47
Figura 6 Tipo de minerales no metálicos explotados en el municipio de Tepetlaoxtoc información basada en (IGCEM, 2021).....	48
Figura 7 Mapa de minería de materiales no concesibles 2014	52
Figura 8 Mapa de minería de materiales no concesibles 2016	53
Figura 9 Mapa de minería de materiales no concesibles 2017	54
Figura 10 Mapa de minería de materiales no concesibles 2019	55

Figura 11 Mapa de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014.....	57
Figura 12 Mapa de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2019.....	59
Figura 13 Mapa de ubicación de mina en visita de campo.....	68
Figura 14 Componente suelo y sus impactos potenciales	71
Figura 15 Componente aire y sus impactos potenciales	72
Figura 16 Componente flora y sus impactos potenciales	74
Figura 17 Componente fauna y sus impactos potenciales	75
Figura 18 Componente agua y sus impactos potenciales	77
Figura 19 Componente social e impactos potenciales	78
Figura 20 Propuesta de Matriz de identificación de impactos.	80
Figura 21 Minas en Santo Tomas Apipilhuasco, Tepetlaoxtoc.....	81
Figura 22 Minas en Santo Tomas Apipilhuasco, Tepetlaoxtoc.....	82

Índice de tablas

Tabla 1 Extensión de usos de suelo del Estado de México	13
Tabla 2 Marco legal mexicano aplicable a la minería no metálica.....	30
Tabla 3 Aspectos restrictivos previos a la explotación.	35
Tabla 4 Aspectos requeridos durante la explotación.....	37
Tabla 5 Aspectos requeridos durante la restauración.	38
Tabla 6 Ubicación del Municipio de Tepetlaoxtoc	45
Tabla 7 Superficie sembrada (ha) en el municipio de Tepletlaoxtoc (2014- 2019)	49
Tabla 8 Población ocupada, según condición de actividad económica, Tepetlaoxtoc.	50
Tabla 9 Uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014	58
Tabla 10 Uso de suelo Tepetlaoxtoc 2019	60
Tabla 11 Cambio de uso de suelo 2014 - 2019 (has).....	60
Tabla 12 Porcentaje de usos de suelo del municipio de Tepetlaoxtoc	61
Tabla 13 Uso de suelo previo al uso de suelo minero.....	62
Tabla 14 Materiales extradidos en el municipio de Tepetlaoxtoc 2013- 2019	65

Introducción

El desarrollo de una población requiere de obras civiles para ofrecer a la población vivienda, bienes y servicios, por lo que se requiere insumos y materiales para construcción.

La minería no metálica es una actividad primordial para el desarrollo de cualquier obra civil, y aunque esta modalidad no genere ganancias como lo hace la minería metálica, también importante para el desarrollo económico del país, modifica el ambiente en el que se desarrolla, no solo físicamente sino que puede llegar tener efectos sociales y económicos o incluso un contexto puede derivar en la generación de sitios de extracción como es el caso de esta investigación.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), es una de las zonas económicamente importantes del país, en las cuales es común que se lleven a cabo proyectos que ayuden a la mejora de bienes y servicios para su población. Durante las últimas décadas el desarrollo de un nuevo aeropuerto internacional en la Ciudad de México fue tema con varias propuestas, las cuales se concretaron en el año 2014 cuando el gobierno federal anunciaba la construcción del NAICM Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) un megaproyecto con las dimensiones que abarca el termino, el cual se desarrollaría en un municipio de Texcoco, Estado de México. El terreno elegido pertenecía al antiguo lago con el mismo nombre, las características del terreno fueron particulares, suelos arcillosos, con alto contenido de humedad y una alta salinidad; la cimentación del proyecto requería la movilización de 33 millones de metros cúbicos de Tezontle y Basalto, aunque la construcción del NAICM fue cancelada en años posteriores, derivó en el aumento en la demanda de los materiales anteriormente mencionados, como consecuencia se generó la apertura de nuevos sitios de extracción, los cuales se encontraban en municipios aledaños, como es el caso de Tepetlaoxtoc.

El municipio de Tepetlaoxtoc se encuentra al Norte del municipio de Texcoco en el Estado de México. Este trabajo de investigación busca analizar en términos de

extensión el cambio de uso de suelo resultado de la minería no metálica dentro del municipio e identificar sus principales efectos socioambientales.

Durante el capítulo primero se aborda el marco teórico conceptual donde se desarrollan los principales términos empleados en la investigación, posteriormente el capítulo segundo describe la metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos que consta de una clasificación no supervisada del área de estudio. El capítulo tercero abarca los resultados y discusión de la investigación; finalmente el capítulo cuarto las conclusiones y un apartado de recomendaciones.

Antecedentes

Benedetti (2013) *define* el término minerales no metálicos como “*un grupo de minerales que por sus características se utilizan como materia prima en diferentes sectores económicos, entre ellos la industria de la construcción, como arenas, basaltos, andesitas y arcillas entre otros*”, también son conocidos como materiales pétreos, o no concesibles esta última por el marco legal mexicano.

Los minerales no metálicos son conocidos por contribuir a la construcción de casas, edificios y obras civiles como carreteras, puentes, aeropuertos, entre otros, su importancia se hace evidente e imprescindible debido a que el desarrollo de proyectos de construcción se ha convertido en una de las actividades que contribuye al Producto Interno Bruto (PIB) de un país (Benedetti, 2013).

De acuerdo con la (Asociación de Ingenieros de Minas, 2015), “*los materiales extraídos de las canteras no son de alto valor económico, por lo que la mayoría tienden a situarse cerca de ciudades o núcleos de población importantes, de otra forma, el costo de transporte haría que la explotación no fuera económicamente conveniente*”, así también lo confirma Craig (2007) quien indica que “*la minería no metálica, generalmente responde a demandas locales, debido a que la movilización de estos materiales a otros sitios sería prácticamente incosteable, a diferencia de los metales, los materiales de construcción tienen poco valor, debido a que son abundantes y se encuentran ampliamente distribuidos, además, alcanzan un valor mayor tras ser extraídos y procesados*”.

De acuerdo con la Secretaría de Economía en el año 2015, indica que “*el precio del material pétreo, al comercializarse es susceptible a ser subvaluado por la falta de análisis económico, y que las utilidades se vean impactadas desfavorablemente por el desconocimiento en cuestiones administrativas y normativas, además de que solo pocas empresas disponen de la infraestructura física y material, así como del recurso humano calificado para la extracción*” (SE, 2015).

La explotación de estos minerales a través de canteras tiende a generar efectos en el ambiente como la modificación parcial o total de la cubierta vegetal, hábitat de

especies endémicas, así como la disponibilidad de tierras arables y que, al finalizar los procesos de explotación, queden espacios que posteriormente son susceptibles a usarse como sitios de disposición de residuos sin regulación (Esquivel, 2013).

Una investigación de Correa Arroyave (2000) realizada en Bogotá, Colombia sobre el análisis de explotación por cantera de areniscas silíceas, menciona que *“la minería no metálica engloba una gran cantidad de efectos y costos ambientales, dentro de los que destacan el deterioro del sistema orográfico, modificación del paisaje, generando también problemas de erosión, contaminación por polvo o gases, así como también afectaciones en la recarga de acuíferos y la presencia de zonas de alto riesgo, además de que, la falta de políticas claras, control administrativo u apoyo técnico, estado legal de los yacimientos son puntos clave a considerar durante la explotación de un yacimiento de minerales no metálicos, ya que existe la probabilidad de que posterior a la explotación del sitio este se vuelva susceptible a convertirse en un sitio de disposición final de residuos de carácter ilegal”*. Otros riesgos asociados a la actividad según (L. Weeks, 2012) es *“la transmisión de varios tipos de partículas a través del aire, la perforación, voladura y/o el corte de rocas que contienen sílice generan polvo respirable, los gases libres de los escapes de motores se encuentran entre los principales riesgos físicos, además de la contaminación acústica y vibración que produce esta actividad. Todos ellos se producen en distintas proporciones dependiendo de la mina o cantera, de su profundidad, de la composición del mineral y del método de explotación”*.

Otras investigaciones como la de Lad & Samant (2014) realizada en el distrito de Kolhapur, India, donde el aumento significativo de la población hizo necesario el desarrollo de infraestructura; derivando a su vez en un incremento en la demanda de materiales para construcción. Actualmente, la minería no metálica en el lugar continúa teniendo un rol importante debido a que aproximadamente un 70% del área de estudio está cubierta por rocas basálticas de origen volcánico. Además de impactos negativos en el ambiente; el estudio toma en cuenta el factor social, ya que existe extracción ilegal y otros conflictos socioeconómicos. Los resultados de arrojaron, que algunos de los cambios sociales más visibles son aquellos

relacionado con riesgos a la salud de pobladores de las comunidades aledañas, daños en sitios de interés cultural y la formación de villas mineras, donde compañías de extracción comparten beneficios de la actividad mientras que las comunidades locales padecen los impactos negativos de estos proyectos. Por tanto, persisten los conflictos entre dueños de los sitios de explotación y los habitantes de comunidades aledañas.

Por otro lado, el desarrollo de un marco normativo regulatorio es necesario, al ser obligatorio las empresas operan teniendo como objetivos mantener o rescatar la calidad ambiental de componentes del medio ambiente, cuando estos no existan, los recursos son más susceptibles a ser afectados, así lo señala Esquivel (2013), dentro del mismo artículo indica que si bien esta actividad es responsable de graves daños y acciones en lo que se compromete la integridad de los recursos de manera parcial o total (especies vegetales, animal, deterioro del paisaje, suelo productivo, contaminación de agua, entre otros), algunos de estos impactos negativos pueden minimizarse a través de la aplicación de medidas correctoras que se implementen, además de una adecuada evaluación de condiciones existentes y la visualización de externalidades.

Algunas de las opciones que recomiendan expertos como Esquivel (2013) es la introducción de nuevas tecnologías puede ayudar a realizar una explotación más racional y a disminuir los impactos en la actividad, sin embargo, esto implica un aumento en los costos de explotación.

De acuerdo con la Secretaría de Economía (2020) México tiene una larga historia con la minería tanto de minerales metálicos como no metálicos, pasando por la época de la colonia donde tuvo varios centros importantes como Guanajuato o Taxco entre otros, posteriormente a finales del siglo XIX presentó un nuevo auge con la industrialización lo que permitió el aprovechamiento a gran escala, dicha actividad tiene presencia en todos los estados que componen la República Mexicana, las características de su territorio favorecen la presencia de oportunidades de inversión en el sector, de su extensión total el 70% tiene potencial para desarrollo de proyectos mineros resultado de su evolución geológica. En esta

actividad económica, actualmente laboran en extracción y beneficio de carbón mineral, grafito y minerales no metálicos 36,056 personas (SE, 2020). La actividad minera en el año 2019 represento el 2.3% del Producto Interno Bruto (PIB) entre minerales no metálicos y metálicos, además que aún se mantiene como uno de los actores en el los cuales se invierte en el país.

Durante, el año 2015 la producción total de minerales no metálicos fue de 196,416,251,424.19 pesos corrientes y en 2019 de 578,513,439,379.71, cifras que dejan ver la importancia del sector en términos económicos, dentro de este grupo se encuentran productos como el carbón, agregados pétreos, calizas, caolín, gravas, micas, olivinos, talco, tepetate, tezontle, por mencionar algunos, además de que a nivel nacional se extraen 578,513,439,379.71 toneladas de este tipo de minerales, esto al menos en el año 2019 que son los últimos datos reportados (SE, 2020).

En el Estado de México, el valor de la producción de la minería no metálica ha incrementado de 2,179,366,800.00 pesos corrientes en el año 2015 a 3,768,772,002.47 en el año 2019, dejando ver un aumento en el número de sitios de extracción (SE, 2020).

En México, los trabajos de investigación vinculados a la minería no metálica en el país presentan algunas propuestas para la mejora en la operación minera como la incorporación de criterios que permitan realizar un adecuado estudio de impacto ambiental, control y prevención de los efectos generados, la elaboración de planes de mantenimiento adecuados durante la explotación de sitios de extracción, así lo menciona Ramírez (2017) quien durante su investigación realiza propuestas para poder orientar la actividad hacia la sustentabilidad, que van desde el cumplimiento del marco legal mexicano y el reforzamiento del mismo como otras alternativas en términos técnicos relacionados con la maquinaria utilizada, sistemas de extracción y clasificación de minerales no metálicos.

El impacto ambiental de la actividad minera es uno de los tópicos más relevantes dentro de trabajos de investigación, debido a que suelen ser influenciados por

contextos específicos y aun cuando se trate de generar mínimas modificaciones, siempre representa una carga para el ambiente, derivando no solo en cambios físicos sino también en problemas colaterales, como depósitos ilegales de residuos, sitios de incidencia criminal, entre otros (Vilchis, 2015).

Los efectos ambientales de la explotación minera de acuerdo con S. Jennings (2001) pueden ser considerables y tener consecuencias a largo plazo, resultado de las modificaciones de los ecosistemas, son la alteración de los ciclos biogeoquímicos como el del agua y el carbono, generando a su vez variaciones climáticas locales (Pineda Jaimes, Bosque Sendra, Gómez Delgado, & Plata Rocha, 2009) por ello es pertinente conocer el contexto y el avance de los procesos de cambio de uso de suelo a nivel local que se presentan en el municipio de estudio.

La creación de nuevos sitios de extracción también implica el cambio de uso de suelo de las locaciones seleccionadas, es decir el uso previo del suelo es reemplazado por uno nuevo lo que trae como consecuencia varios cambios físicos en el medio ambiente.

Planteamiento del problema

Una de las actividades económicas productivas que inciden en el cambio de uso de suelo es la minería. De acuerdo con la Secretaría de Economía (2015) la demanda de agregados pétreos de la minería no metálica está enfocada principalmente al mercado de la construcción. Poo Rubio (2003) considera que en México esta industria representa un sector relevante para la economía, vinculada con el desarrollo del país y mientras más obras se construyen, más riqueza se crea, y no solamente eso, también genera un aumento en el número de empleos. Por lo anterior, esta industria tiene una importante función económica y social. Las obras de construcción forman parte de los activos del país, obras de equipamiento urbano, proyectos de transporte y comunicación como carretas, aeropuertos, etc.

El cambio de uso de suelo es uno de los procesos más alarmantes y estudiados a nivel internacional por organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *“El cambio de uso de suelo se ha constituido como uno de los factores plenamente implicados en el cambio global, alterando procesos”* Lambin et al., 1999 citado por Pineda Jaimes et al. (2009), lo que ha traído como consecuencia transformaciones en la cobertura del terreno, degradación e intensificación del uso del suelo, que en conjunto provocan deterioro ambiental y pérdida de biodiversidad. Afirman que los elementos ambientales, económicos demográficos o socioculturales influyen directa o indirectamente en los procesos de cambio de uso de suelo (Bocco & Mendoza, 2001).

En México, el uso del suelo del país está dado por diferentes características que han brindado el título de país megadiverso. En la publicación realizada por (Challenger & Dirzo (2009) en la obra titulada *Capital Natural*, indica que el *“grado de impacto que ha tenido el país en los últimos 50 a 100 años es el más notable comparado con siglos anteriores, lo cual se refleja en una tasa muy alta de cambio de cobertura, en términos de vegetación y uso de suelo”*. Además, explica que en

el año de 1976 la cobertura original del país se había reducido en un 38%, y que hacia 1993 solo cubría el 54% de su superficie original.

Las actividades relacionadas con estos cambios sobre la vegetación natural son la ganadería y agricultura estos últimos tuvieron un auge durante la década de los 70, mientras que el crecimiento de asentamientos humanos y zonas urbanas ha tenido un importante incremento durante las últimas décadas Cuevas et al. (2010), aunque es proporcionalmente pequeña comparada con la superficie total del país, es el uso de suelo que más rápido ha crecido en algunas regiones del país.

Para el año 2011, de acuerdo con SEMARNAT (2015); la superficie urbana y de asentamientos humanos ya era de 1.85 millones de hectáreas, es decir, el 0.94% de la superficie nacional. Además menciona algunas de las consecuencias principales de estos cambios en el uso del suelo: *“Deforestación, fragmentación, degradación de la cubierta vegetal, empobrecimiento del paisaje, erosión de los suelos, recurso con una regeneración natural lenta en términos de temporalidad. La pérdida de ecosistemas terrestres que promueve la pérdida de la biodiversidad y afecta su estabilidad y resiliencia.”*

Con base en información proporcionada por la SEMARNAT (2015), en el año 2011, la superficie del Estado de México presentaba un 35% de vegetación natural, es decir menos del 40%, situación que comparte con el Distrito Federal ahora Ciudad de México con un 29% de vegetación natural. Entre 2002 y 2011 fue uno de los estados en el cual se degradó con mayor velocidad la vegetación natural primaria 1.18% anual.

Datos publicados por el gobierno estatal (SEDUO, 2019) sobre los usos del suelo y sus respectivos porcentajes se encuentran distribuidos de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 1 Extensión de usos de suelo del Estado de México:

Tabla 1 Extensión de usos de suelo del Estado de México

Uso de suelo	Superficie (ha)	%
Agricultura	2,727,869	44.7
Vegetación	1,540,204	25.31
Bosque	723,486	11.9

Matorral y pastizal	710,192	11.6
Urbano construido	332,338	5.4
Cuerpos de Agua	45,740	0.7
Sin vegetación	18,398	0.3
Total	6,100,414	100

Fuente: (SEDUO, 2019)

El 44.7% del territorio estatal es agrícola, mientras que el 25.31% es vegetación categoría en la cual se incluyen subcategorías sin incluir bosque con un 11.9% y pastizales y matorrales con 11.6%, el uso Urbano representa el 5.4%.

Los asentamientos humanos en México continúan con una tendencia acelerada hacia la urbanización, y el Estado de México no es la excepción, varios de sus municipios pertenecen al área denominada Zona Metropolitana del Valle de México. El proceso de urbanización en la entidad se acentuó a partir de 1950, cuando la población urbana representaba apenas el 26.4% del total; durante este periodo inicio la expansión de actividades industriales y zonas habitacionales de la Ciudad de México hacia municipios ubicados en la periferia. En 1980 la población urbana aumentó a un 79.4% y para 2010 la entidad tenía un 87% de su población habitando zonas urbanas. La región de Valle Cuautitlán- Texcoco albergó la mayor cantidad de población urbana en 2010. Esta última área junto con el Valle de Toluca concentrará el 89.3% de la población total del Estado al año 2042, de acuerdo con estimaciones realizadas por el gobierno del estado, considera que, para la edificación de viviendas, se requerirán in total de 38,373 has de suelo urbano para satisfacer la demanda de vivienda por el crecimiento poblacional (SEDUO, 2019).

Dentro del proceso de urbanización el recurso más importante es el suelo, refleja las actividades que el hombre desarrolla en el territorio, convirtiéndose en factores que impulsan o retraen su desarrollo. El municipio de Tepetlaoxtoc se encuentra catalogado como municipio semiurbano SEDUO (2019), pertenece a la región I Valle de Cuautitlán – Texcoco donde la demanda de suelo va en aumento.

Por otro lado, la expansión de zonas urbanas afecta indirectamente los usos del suelo, debido a que se requieren mayores extensiones de tierra para satisfacer las

necesidades de los nuevos asentamientos, que va desde la demanda de alimento, agua, servicios, recursos maderables, disposición de residuos, etc. Además, se debe de considerar que se requiere aproximadamente un 30% adicional de la demanda total de suelo para el desarrollo de actividades económicas, vialidades y equipamiento urbano (SEMARNAT, 2015).

Por tanto, los usos del suelo del Estado de México y de sus municipios se encuentran propensos al cambio. Adicionalmente, el contexto de cada zona determinará la tendencia a desarrollar ciertas actividades económicas en función de otras variantes, como el desarrollo de proyectos que fomenten el desarrollo de zonas aledañas.

El desarrollo de proyectos e infraestructura representa mayores oportunidades de crecimiento económico, como lo menciona Domínguez Virgen (2011), sin embargo, esto solo constituye una visión parcial, desde otro punto también representa la existencia de externalidades negativas y positivas, impactos sociales y ambientales.

El proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), era uno de los megaproyectos más importantes en el país, cuya construcción inició en el año 2014, se desarrolló sobre la superficie del antiguo Lago de Texcoco en un área de 4,432 hectáreas. Dentro de las características del terreno destacan suelos arcillosos con un alto contenido de humedad, elevado nivel de salinidad y compresibilidad. Las obras del NAICM comenzaron con procedimientos de cimentación, realizando un método de precarga, que es una construcción de varios metros de terraplén de tezontle y basalto, posteriormente se colocaron drenes para expulsar el agua, por lo que se requería movilizar cerca 33 millones de metros cúbicos de material, procedentes de las zonas aledañas, los cuales debían ser transportados hasta el sitio (SMIG, 2015).

De acuerdo con información del gobierno federal actual (2018-2024) en el año 2018 *“La Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto no llevó a cabo un análisis de los impactos acumulativos que las obras del proyecto, en conjunto con otras actividades y obras asociadas, iban a generar. Por otro lado, para la nivelación y*

relleno del polígono, se proyectó abastecer el material pétreo (tezontle y basalto) de 16 minas; sin embargo, a partir de 2015 se abrieron cerca de 150, muchas de ellas irregulares que, trabajando de manera simultánea en la región durante tres años, generaron una saturación de proyectos mineros en 15 municipios del Estado de México” (SCT, 2019).

El incremento en la demanda de material llevó al aumento en el número de minas que se ha reflejado en cambios visuales evidentes en el paisaje de municipios aledaños del Estado de México, uno de ellos es Tepetlaoxtoc, cuya ubicación se encuentra próxima al sitio donde tenía lugar la construcción del proyecto NAICM. De acuerdo con el Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (IFOMEGEM), la entidad representa un importante potencial de recursos no metálicos sobresaliendo los materiales pétreos de origen volcánico, por lo que el escenario actual de la actividad minera a nivel estatal presenta una tendencia de crecimiento. Esta actividad económica se desarrolla en 92 de los 125 municipios que componen el estado (IFOMEGEM, 2017).

En el año 2015 comenzó la construcción del megaproyecto NAICM en Texcoco, el cual se desarrollaba a 30 km del municipio de Tepetlaoxtoc; las obras iniciales se basaron en procedimientos de cimentación, realizando un método de precarga que implica la construcción de varios metros de terraplén de tezontle y basalto (SMIG, 2015). La distancia entre ambos municipios propicio la apertura de nuevas minas para abastecer la demanda de materiales. Bajo este esquema, cabe mencionar que la planta minera estatal se encuentra representada por 209 minas activas, con productos que satisfacen la demanda de la industria de la construcción, principalmente. Dentro de estas cifras no se incluyen la mayoría de las minas que surtían materiales al megaproyecto NAICM debido a la falta de disponibilidad de datos (IFOMEGEM, 2019).

Durante el periodo que comprende la investigación 2014 - 2019, se publicaron diversas notas periodísticas sobre el panorama minero en las zonas aledañas al megaproyecto en diarios como *El Universal*, donde se manifestaron inconformidades relacionadas con la actividad de explotación, principalmente por

riesgos a la salud y el deterioro medioambiental. Datos recabados por la fuente afirman que más de la mitad de las minas de tezontle y basalto que rodeaban el megaproyecto NAICM operaron de forma ilegal durante los años que estuvo en marcha y de los 205 bancos pétreos registrados, aproximadamente el 50% cometió irregularidades en su operación (Carabaña, 2019). El historiador Omar Tinajero Morales, compartió su punto de vista frente a la situación del municipio y otros alrededores como Otumba, Tezoyuca, Acolman, San Martín de las Pirámides, entre otros, en las que resalta *“no cuentan con permisos de impacto ambiental para extraer material pétreo, según documentos oficiales de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales”*. Además, particularmente en el municipio de Tepetlaoxtoc se ve comprometida una zona arqueológica, la cual se encuentra situada en dentro del terreno de la mina de extracción de material pétreo denominada “El Techachal” a pesar de que se ha solicitado al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) su intervención y el rescate correspondiente (Milenio, 2017).

Cifras estimadas del IFOMEGEM (2019) indican que menos del 30% de las minas de materiales pétreos en el Estado de México se encuentran laborando con las autorizaciones completas y vigentes en materia de impacto ambiental, uso del suelo y municipales de operación. Bajo este panorama, la minería de materiales pétreos continúa desarrollándose de manera irregular.

El 26 de abril del año 2019, cuando el gobierno federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes dio a conocer los factores y razones tomados en consideración para la anulación del proyecto NAICM, dentro de las líneas destacan las siguientes declaraciones *“El proyecto nunca debió aprobarse y menos iniciarse, la cancelación evitó un desastre ecológico mayor, una severa explosión demográfica en la Zona Oriente del Valle de México”*, finalmente con un 21% de avance fue cancelado (SCT, 2019).

A escala municipal, no se tienen registros aun cuando se sabe de la existencia de minas en operación y su posible incremento. En el año 2016 las autoridades de

Tepetlaoxtoc dentro de su Plan de Desarrollo Municipal incluyen esta variable como la responsable de repercusiones directas al medio ambiente, consideran que es importante conocer las áreas que requieren restauración e identificar aquellas que están en riesgo (Tepetlaoxtoc H. C., 2016).

Aun cuando el proyecto fue cancelado, representó problemas de cambio de uso de suelo en la zona. Actualmente no existen datos exactos sobre la incidencia de la minería en el proceso de cambio de uso de suelo en términos de superficie ni estimaciones de tasas de cambio al respecto, por ello la presente investigación tiene el objetivo de contestar las siguientes preguntas de investigación ¿Qué proporción de la superficie del municipio de Tepetlaoxtoc ha sido afectada por la minería de materiales pétreos durante el periodo de 2014 -2019? y ¿Cuáles son los principales efectos ambientales de la minería y su incidencia en el cambio de uso de suelo? .

Justificación

Uno de los problemas que ejerce una gran presión sobre los recursos naturales es el cambio de uso de suelo por actividades de extracción de minerales no metálicos, su estudio ha brindado información sobre los efectos que puede producir, sin embargo, se desconocen los efectos causados en el municipio de estudio.

La demanda de materiales pétreos como el tezontle y basalto se ha constituido como una importante actividad económica en el municipio de Tepetlaoxtoc a través de la apertura de sitios de explotación catalogados como minería no metálica, fuertemente relacionada con la construcción del NAICM el cual a principios del año 2019 ha sido cancelado, sin embargo es evidente su contribución en la explotación de minas existentes y la creación de nuevas.

La identificación de la incidencia de la minería de materiales pétreos sobre cambio de uso de suelo que se suscita en el municipio de Tepetlaoxtoc es primordial para generar herramientas que contribuyan a la toma de decisiones referente al manejo de estos paisajes alterados. Por ello esta investigación tiene el fin de generar información y evidencia sobre la identificación de sitios de explotación, su extensión en términos cuantitativos e impactos locales de los megaproyectos autorizados y supervisados por el gobierno en el municipio, en este caso, vinculado al proyecto NAICM. La escala de esta investigación es de carácter municipal, puede brindar información al gobierno local lo que permitirá monitorear áreas prioritarias que permitan dirigir esfuerzos para la rehabilitación ambiental, además de determinar los usos del suelo y establecer puntos de comparación durante el periodo 2014 - 2019.

La generación de información espacial sobre la localización de sitios de extracción es clave para poder conocer las dimensiones de la actividad en el municipio, análisis que puede ser base para la toma de decisiones en términos ambientales, que pueda sustentar o apoyar a autoridades competentes para una adecuada gestión y se evite que los sitios deriven en problemas más complejos en caso de no ser restaurados

como lo solicita el marco legal mexicano, debido a que el municipio no está exento de extracción ilegal de minerales no metálicos.

Durante el año 2019 el Gobierno Federal mexicano realizó un comunicado en el cual se dan las principales razones de cancelación del proyecto NAICM, dentro de las que se destacan irregularidades relacionadas con impactos sociales, urbanos y ambientales (SCT, 2019), sin embargo, dentro de las implicaciones que tiene esta decisión se encuentra el abandono de sitios de explotación, sin llegar a su etapa de cierre, dejando estas áreas susceptibles a convertirse en sitios de disposición de residuos de manera irregular acarreando problemas ambientales.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar el proceso de cambio de uso de suelo de la minería no metálica en el municipio de Tepetlaoxtoc durante el periodo 2014-2019 e identificar sus principales efectos socio ambientales.

Objetivos específicos

- Caracterizar los componentes biofísicos y socioeconómicos del municipio de Tepetlaoxtoc.
- Estimar los cambios de uso de suelo asociados a la actividad minera no metálica del periodo 2014 a 2019 en el municipio de Tepletlaoxtoc través de Sistemas de Información Geográfica.
- Elaborar propuesta de estimación de impactos asociados la minería no metálica mediante la matriz de impacto y recomendaciones.

Capítulo 1 Marco Teórico Conceptual

En este capítulo se desarrollan los conceptos base de la minería no metálica, elementos técnicos y sociales que definen y caracterizan la problemática del sitio de estudio.

Minería, recursos no metálicos y sus sistemas de extracción.

La minería es una actividad económica primaria que consiste en la extracción de diferentes tipos de minerales presentes en o cerca de la superficie de la Tierra, estos minerales son componentes esenciales para la producción de los diferentes materiales que se utilizan en la vida cotidiana, incluye una serie de actividades durante todo su proceso, que van desde el descubrimiento, la exploración, explotación, beneficio, transformación (elaboración de otros materiales) y finalmente el cierre de la mina (Monreal Saavedra & Hernández Rábago, 2015).

La diversidad de minerales en la tierra requiere de diferentes métodos de exploración, extracción y beneficio, esto implica que sean vistos de distinta manera desde el punto de vista económico, los productos tienen diferente valor para las industrias. Por ello, los recursos mineros se dividen en tres grupos:

- Recursos minerales metálicos.
- Recursos minerales no metálicos o industriales.
- Piedras preciosas y semi-preciosas.

De acuerdo con Tarbuck & Lutgens (2005) se le denomina minerales no metálicos a los materiales de la Tierra que no se utilizan como combustibles ni se procesan debido a los metales que contienen, la mayoría se utilizan en el proceso de creación de otros productos, construcción de edificios y en la mayoría de los proyectos de obras públicas. Los recursos minerales no metálicos se dividen normalmente en dos amplios grupos: materiales de construcción y minerales industriales, para esta investigación se hará referencia solamente al primer término.

Los materiales de construcción consisten en roca triturada y su valor económico surge sólo después de que los materiales han sido extraídos del terreno y

procesados. Dado que su valor por tonelada, en comparación con los metales y los minerales industriales, es bajo (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Para la extracción de recursos minerales se recurre a diferentes sistemas de explotación específicos en función del tipo de mineral y características del terreno.

De acuerdo con Correa Arroyave (2000), el sistema de canteras a cielo abierto es el más común para la explotación de minerales no metálicos, representa un sistema estático de fácil manejo y puede ubicarse en:

- Laderas, de esta manera la roca se arranca.
- Fosas, cuando la roca se extrae a cierta profundidad a partir del nivel del terreno.

Durante la extracción se utiliza maquinaria como palas, camiones, dragalinas, excavadoras de ruedas de cangilones y cucharas de carga. La roca que se extrae en las canteras puede ser machacada o fracturada para producir agregados o rocas para construcción (A. Hethmon & B. Dotson, 2012).

La producción de materiales de construcción que realizan las canteras en su mayoría está dirigida a mercados locales y necesidades de las comunidades según la región geográfica, debido a que transportarlos a grandes distancias sería incosteable. A menudo, este tipo de minas están controladas por una normativa legal, pero, la falta de inspección y de un control riguroso favorecen la existencia de operaciones ilegales (S. Jennings, 2001).

Uso de suelo

En México, uso de suelo se encuentra definido como *“los fines particulares a los que se podrán dedicar determinadas zonas o predios de un Centro de Población o Asentamiento Humano”*, de acuerdo con la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo (DOF, 2016).

Sin embargo, otros autores, como Fernández Nuñez & Prados Velasco (2010) consideran los usos del suelo como *“la expresión territorial del aprovechamiento y explotación del medio natural...entendido como explotación económica del medio.”*

Mientras que Velázquez, Siebe, & Bocco (2014) consideran *“El uso del suelo es entendido como un conjunto de acciones humanas que denotan manejo, son resultado de un contexto social y cultural consensuado entre diferentes actores sociales con jurisdicción sobre el suelo.”*

Cambio de uso de suelo (CUS)

El término Cambio de Uso de Suelo (CUS), traducción del inglés *Land Use Change*, comenzó a utilizarse con el inicio del uso de la fotografía aérea, para la prospección e inventario de los recursos naturales. Se define en términos generales como *“la expresión de las actividades humanas sobre un espacio, que incluye variables como la temporalidad, factores sociales, económicos y culturales responsables de generar patrones de uso o manejo del suelo”* (Velázquez, Siebe, & Bocco, 2014).

Fernández Nuñez & Prados Velasco (2010) conceptualiza el CUS como la intensificación de los modos de aprovechamiento, que conduce a cambios que, a su vez, inciden en la evolución o conservación paisajística, proceso que ocurre en función del tipo de contexto para casos particulares, debido a las implicaciones que conlleva.

Otros autores como Velázquez, Siebe, & Bocco (2014) describen el concepto CUS como *“el proceso responsable de la pérdida de la biodiversidad e integridad funcional de los ecosistemas atribuido a la actividad humana relacionados con la pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas, por mencionar algunos ejemplos”*.

Tipología de cambios de uso de suelo.

En México, la generación de información cartográfica está a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) dicha entidad considera la generación de información cartográfica de Uso de Suelo y Vegetación como *“un insumo básico*

para la realización de programas institucionales” (INEGI, 2015), en las diferentes versiones de sus productos se encuentran plasmados los usos de suelo de acuerdo a la distribución de áreas de vegetación natural e inducida, ganadería, agrícola, uso pecuario y forestal, sin embargo el instituto genera información puntual de cada uso al realizar diferentes subcategorías de cada uno (INEGI, 2017).

López Vázquez et al. (2015) citan a SEMARNAT (2010) indican que, *“las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se conocen como usos del suelo”,* por lo que de acuerdo con sus características de este dependerá su clasificación, sin embargo esta clasificación depende de los objetivos o interés que tenga el investigador o entidad de genere datos espaciales con el fin de proveer información sobre los usos de suelo.

De acuerdo con la información anterior, los sitios de extracción de minerales no metálicos se pueden concebir como una forma de uso del suelo que consiste en la extracción de rocas o materiales para la producción de agregados para construcción.

Desarrollo de megaproyectos

El termino megaproyecto urbano, se utiliza para referirse a la construcción de edificios con una fuerte carga simbólica o intervenciones más amplias y con un contenido complejo que incluye el equipamiento de servicios e infraestructura (Hamnett & Shoval, 2003, citado por Díaz Orueta, 2009).

Domínguez Virgen C. (2014) concibe los megaproyectos como *“una iniciativa de políticas públicas cuya magnitud puede incluso llegar a modificar la dinámica de una ciudad, de un estado, de un país o de una región en particular, sin embargo, aunque este tipo de proyectos de infraestructura conlleven muchísimos beneficios logísticos y económicos, esto no significa que no haya costos ambientales o sociales que deban ser tomados en cuenta durante su evaluación, diseño e instrumentación”.*

La construcción de grandes infraestructuras de transporte como aeropuertos se encuentra dentro de los megaproyectos, cuya principal intención es reforzar las comunicaciones, el desarrollo de este tipo de obras resulta evidente en ciudades

latinoamericanas y del mundo, algunos de los principales requerimientos para la realización de estas obras van desde elevados costos, gestiones entre agentes públicos y privados (Zukin, 1998; Lourés, 2001, citado por Díaz Orueta, 2009)

Información publicada por el boletín de la World Health Organization (WHO) indica que además de los impactos en la contaminación del aire, ruido, hay otros efectos asociados con el desarrollo urbano y transporte en comunidades locales, este tipo de instalaciones son importantes generadores de residuos y consumen una gran cantidad de energía y suelo, factores que deben de ser considerados cuando se planea una infraestructura aeroportuaria (WHO, 2018).

Adicional, los megaproyectos tienen un importante impacto en los procesos de gentrificación, algunas de las implicaciones de este tipo de proyectos son altos costos, fuertes impactos ambientales, que en ocasiones tienden a provocar conflictos con poblaciones locales. Las nuevas infraestructuras que se van ligando con nuevos espacios suburbanizados de la periferia (Díaz Orueta, 2009).

Megaproyecto NAICM y su relación con la minería no metálica

En septiembre del año 2014, el gobierno mexicano anunció la construcción del NAICM, proyecto que perfilaba como uno de los tres proyectos de infraestructura aeroportuaria más grandes del mundo, respondía a una necesidad de 20 años atrás debido a que la capacidad del actual aeropuerto de la Ciudad de México estaba por llegar al límite de su capacidad operativa. La construcción del NAICM se encontraba financiada por recursos públicos y privados, 60% de la cual proviene del presupuesto federal. Sus costos de construcción se calculaban en 13 mil millones de dólares, el inicio de operaciones de la primera etapa se preveía para el año 2020. Su diseño pretendía ser uno de los más sustentables del mundo y su construcción tendría lugar en el Valle de Texcoco, ubicado en el extremo oriental de la Ciudad de México (OCDE, 2015).

Más de 75% del área se encontraba cubierta de forma parcial o total por pastos salitrosos (GACM, 2015). El terreno se caracteriza por tener suelos arcillosos de alta deformabilidad, alto contenido de humedad de 400 a 600 %, condición que no

se da en ninguna otra parte del mundo, aunado a un nivel muy elevado de salinidad (SMIG, 2015).

Para la construcción de pistas, rodajes y plataformas se requería construir terraplenes para salvar algunas depresiones (zonas bajas, canales, drenes) o elevar la rasante por lo menos en algunos tramos para evitar inundaciones y facilitar el drenaje. El peso de los terraplenes requeridos conducirá a asentamientos no uniformes y de magnitud inaceptable. En estos casos, la solución aplicable consistente es precargar el terreno. La precarga simple consiste en colocar sobre el terreno con cierta antelación a la construcción una carga igual a la carga definitiva, logrando lo siguiente:

- Acelerar el desarrollo de los asentamientos de consolidación primaria.
- Acelerar la aparición y el desarrollo de asentamientos de consolidación secundaria.
- Aumentar la resistencia al corte no drenado del terreno (GACM, 2015).

Para ello se requería la construcción de varios metros de terraplén compuesto por tezontle y basalto, aproximadamente 33 millones de metros cúbicos, además de la colocación de drenes para permitir la salida de agua (SMIG, 2015).

El tezontle es una roca de origen volcánico de color rojo, porosa, ligera y simultáneamente dura, relativamente fácil de trabajar, se utiliza como material de relleno o en la mampostería (Rodríguez Moralez, 2011), mientras que basalto, es una roca extrusiva de origen volcánico color verde oscuro a negro, de grano fino, contiene una cantidad significativa de hierro y magnesio (Tarbuck & Lutgens, 2005)

El aumento en la demanda de materiales pétreos responde al desarrollo de este proyecto, por cual se recurrió a la búsqueda de minas de estos materiales de origen volcánico, incluso a la apertura de nuevas minas en zonas aledañas.

SIG y cambios de uso de suelo

Los estudios de Cambio de Uso de Suelo (CUS) han ido evolucionando y generando a su vez diferentes metodologías particularmente vinculadas con la introducción tecnológica de los SIG (Sistemas de Información Geográfica). Las imágenes satelitales, tienen varias aplicaciones en el tema ambiental, dentro de las principales se encuentran monitoreo de CUS, cuantificación de cultivos, estudios de fenómenos meteorológicos, monitoreo del crecimiento urbano y su impacto ambiental (Universidad Veracruzana, 2018).

Los avances tecnológicos en sensores y satélites proporcionan una mejor resolución y aumento en el nivel de detalle en los estudios derivados de estas fuentes de información, actualmente para la determinación de CUS, los principales métodos son aquellos basados en el uso de la teledetección y software especializado en imágenes satelitales, los cuales según Aguirre Gómez (2009) permiten inferir datos de un objeto o del ambiente físico sin estar en contacto directo con ellos y resultan de gran importancia cuando se requieren datos distribuidos sobre amplias zonas geográficas, finalmente los resultados han demostrado ser una herramienta eficaz para la detección de los cambios ocasionados en el medio físico, proporcionando una visión integral de la dinámica espacio-temporal de la cobertura y los patrones del uso del suelo. (Jiménez-Moreno et al., 2011).

Los estudios de CUS se han enfocado en medir la presión antropogénica sobre el medio natural. De acuerdo con la OCDE (2018), a nivel mundial las principales causas del cambio de uso de suelo son:

- *Expansión de áreas agrícolas. En la mayoría de los países el uso forestal, praderas y matorrales se han convertido zonas de cultivo.*
- *La expansión urbana es otra de las principales causas del cambio de uso de suelo, denominada también áreas artificiales, que contribuyen fuertemente a la fragmentación de hábitats naturales y la degradación del suelo. contribuyen a cambios globales como el cambio climático.*

Sin embargo, autores como Lambin (1999) afirman que los procesos de CUS se derivan de la interacción de amplios factores geográficos, económicos, políticos, sociales, demográficos y culturales, que se suscitan en un espacio y tiempo determinado.

Actualmente para la realización de estudios de CUS se ayuda del uso de la Teledetección, traducción del término en inglés remote sensing, ideado a principios de los 60 para designar a cualquier medio de observación remota, aplicado principalmente a la fotografía aérea, principal sensor en ese momento, sin embargo, esta definición no engloba solo los procesos que permiten obtener la imagen, sino también su tratamiento, en el contexto de una determinada aplicación (Chuvieco, 2000).

Marco legal de la minería no metálica en México

En México la situación legal de la minería no metálica o también llamada minería de no concesibles, está condicionada de la siguiente manera véase Tabla 2

Tabla 2 Marco legal mexicano aplicable a la minería no metálica

Marco Legal	Autoridad	Especificaciones
Ley Minera (Se exceptúa)	SE (Secretaría de Economía)	<i>“Los pétreos, así como todas las rocas y/o los productos de su descomposición que puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin directamente, se exceptúan en la Ley Minera, salvo que requieran trabajos subterráneos para su extracción” (SE, 2015).</i>
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	SEMARNAT	<p>Artículo 23.- VIII En la determinación de áreas para actividades altamente riesgosas, se establecerán las zonas intermedias de salvaguarda en las que no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población.</p> <p>Artículo 28.- en materia de Evaluación del Impacto Ambiental fracción III, estipula que la actividad de aprovechamiento de recursos minerales se podrá realizar bajo la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (DOF, 2019).</p> <p>Evaluación del Impacto Ambiental, procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones</p>

		<i>aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente” (DOF, 2019).</i>
Manifestación de Impacto Ambiental	SEMARNAT y PROFEPA	<p>Para la explotación de material pétreo de forma legal se requiere una manifestación de impacto <i>ambiental de carácter privado, en dicho documento se estipulan los impactos que la actividad que se pudieran generar en los componentes ambientales, así como las medidas de mitigación, compensación y prevención, que deben ser aplicadas, antes, durante y al final del aprovechamiento de los materiales, sin embargo, en el país existe la probabilidad de que la minería a cielo abierto opere sin las medidas pertinentes de forma ilegal, lo que contribuye fuertemente a una futura degradación del entorno</i> (SE, 2015).</p> <p>Se presenta ante la SEMARNAT para su evaluación y posible autorización. Una vez autorizados los proyectos de obras o actividades, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) debe verificar el cumplimiento de los términos y condicionantes establecidos. La inspección de la PROFEPA confirma que los estudios y autorizaciones por parte de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la SEMARNAT se realicen conforme a lo autorizado, pero también puede realizar inspecciones ante denuncias presentadas por la ciudadanía debido al daño ambiental causado por obras o actividades específicas, así como proyectos en construcción o en operación que se detectan durante las acciones de inspección sistemática de la PROFEPA (PROFEPA, 2019).</p>

<p>El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.</p>	<p>Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México</p>	<p>El programa de Ordenamiento ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM) es un instrumento de política ambiental, cuyo objetivo consiste en inducir desde la perspectiva ambiental el uso del suelo y las actividades productivas en el territorio de la entidad con el fin de lograr la protección del medio, la preservación, aprovechamiento sustentable de los recursos y elementos naturales a partir del análisis en el deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos que se contienen en el programa respectivo (SMA, 2006).</p> <p>El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio del Estado de México; tiene por objeto reglamentar lo correspondiente a las materias de impacto y riesgo ambiental que se señalan en el Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México (SMA, 2006).</p> <p>Se requiere el dictamen técnico de ordenamiento ecológico. Aplicable sobre la Norma Técnica Estatal Ambiental NTA-002-SMA-DS-2009.</p>
<p>Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México.</p>	<p>Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México</p>	<p>Artículo 113. Se podrá coordinar la evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental a los H. Ayuntamientos, los cuales para ello deberán:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Asignar al personal encargado de la evaluación y dictaminación en materia de impacto ambiental. II. Que el personal asignado de manera anual acredite las evaluaciones que le realice el área correspondiente de la Secretaría.

		<p>Artículo 114. Las autoridades estatales y municipales de desarrollo urbano, en el ámbito de sus respectivas competencias, no podrán expedir el dictamen de impacto regional y licencias de uso de suelo, sin la autorización expresa de procedencia ambiental en los casos que sea exigible por el Código y las disposiciones aplicables.</p> <p>Artículo 131. En los casos que, habiéndose otorgado autorización, la Secretaría confirme que los elementos del estudio presentados por el solicitante contengan información falsa podrá revocar la autorización otorgada, solicitando las medidas de mitigación que considere pertinentes.</p> <p>Artículo 137. La Secretaría, por conducto de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM) realizará los actos de inspección y vigilancia del cumplimiento de las disposiciones contenidas en las resoluciones en materia de impacto y/o riesgo ambiental, así como de imponer las sanciones correspondientes, sin perjuicio del ejercicio de las acciones civiles y penales que procedan por las irregularidades detectadas por la autoridad en el ejercicio de sus atribuciones de inspección y vigilancia (SMA, 2006).</p>
<p>Norma Técnica Estatal Ambiental NTA-002-SMA-DS-2009, que regula la</p>	<p>Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México</p>	<p>Esta norma establece las especificaciones de protección ambiental para realizar las actividades de exploración, explotación y transporte de sustancias minerales no concesionables por el Gobierno Federal, en el territorio estatal y es de observancia obligatoria para aquellos que tienen la responsabilidad de la propiedad o posesión del sitio de extracción o transportación de minerales no</p>

exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México.		concesionables, así como para el titular de la autorización de explotación de minerales no concesibles en materia de impacto ambiental y en lo que corresponda a los responsables de los depósitos de minerales no concesionables ubicados dentro del territorio del Estado de México (SMA, 2009).
---	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en (SE, 2015), (DOF, 2019), (PROFEPA, 2019), (SMA, 2006), (SMA, Dirección de Legalización y del Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno", 2009)

Con base en la información anterior, la expedición de licencias para el aprovechamiento de materiales pétreos corresponde a la SEMARNAT, sin embargo, la vigilancia del cumplimiento de las resoluciones de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) corresponde a la PROPAEM es decir se delega la responsabilidad a las autoridades estatales.

Durante el desarrollo de este apartado se detectaron ambigüedades dentro del marco legal, si la minería es una actividad de extracción, por qué se exceptúa de la ley minera, los impactos a comparación de la minería metálica son menores, sin embargo modifican el uso del suelo y presentan daños a recursos naturales, aunque quizá esto se deba a que el aprovechamiento de recursos no metálicos genera menos ingresos a diferencia de los minerales metálicos, con lo que se vuelven más susceptibles a ser explotados sin regulación legal.

Aun con el marco jurídico que respalda el aprovechamiento de estos recursos de manera que se genere el menor impacto, el mismo gobierno estatal reconoce su Norma Técnica Estatal Ambiental NTA-002-SMA-DS-2009 la importancia económica de la actividad y que la explotación de sustancias minerales no concesionables se ha venido desarrollando de manera irregular, generando impactos ambientales adversos y terrenos minados abandonados, a los cuales se les ha dado un uso clandestino para diversas actividades negativas (SMA, 2009). Dentro de esta Norma Técnica Ambiental existen otros aspectos importantes mencionados a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3 Aspectos restrictivos previos a la explotación.

<i>Aspectos restrictivos previos a la explotación</i>
La explotación de minas de minerales no concesionables se deberá ubicar en zonas compatibles con el uso de suelo que determine el Plan de Desarrollo Urbano Municipal. No se permitirá la apertura de sitios de explotación en predios ubicados en barrancas, cañadas o zonas clasificadas como de alta fragilidad, según el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México, o cuando así lo determine la evaluación de impacto ambiental.

La explotación será únicamente a cielo abierto, en terrenos de 3 hectáreas o mayores. Para el caso de las minas ubicadas en la ZMVM y ZMVT, se deberá evaluar la necesidad de contar con sistemas cubre polvos en los procesos que lo requieran, a fin de evitar fuga y dispersión de material particulado.

Se prohíbe la exploración y explotación de minas ubicadas dentro de zonas arqueológicas y su área de influencia.

Se prohíbe la apertura de minas o su ampliación en áreas naturales protegidas, salvo las excepciones que establezca la Secretaría, con base a lo estipulado en los decretos de creación, programas de manejo y a lo que determine la evaluación del impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia con base en (SMA, Dirección de Legalización y del Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno", 2009)

El Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México (POETEM), coloca a la minería metálica en una situación de incompatibilidad con la mayoría de sus unidades de gestión ecológica, requiriéndose una revisión y reconsideración de la clasificación de dichas unidades ecológicas, misma que ya se inició entre dependencias de la Secretaría del Medio Ambiente y Secretaría de Desarrollo Económico, por lo que el establecimiento de sitios clandestinos de explotación es probable. Actualmente existen sitios de extracción de carácter ilegal por lo que no sería impedimento para que la minería no metálica continuará desarrollándose de manera irregular a menos que se intensifique y simplifique la aplicación de los instrumentos normativos que regulan esta actividad (IFOMEGEM, 2019).

La explotación se permite solo en la modalidad de cielo abierto lo que propicia el esparcimiento de partículas silíceas alrededor del área seleccionada, el establecimiento de sitios de extracción aledaños a viviendas puede traer llegar a generar problemas de salud, en caso de que habitantes inhalen material particulado y en función del tiempo de exposición que puedan llegar a tener.

La extracción de materiales está prohibida dentro de zonas arqueológicas, sin embargo, durante reportajes publicados se confirma la existencia de una zona arqueológica aledaña a sitios de explotación. Los aspectos requeridos durante la explotación se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4 Aspectos requeridos durante la explotación.

Aspectos requeridos durante la explotación
Construir una barrera física en los frentes y partes laterales con materiales propios de la mina conforme ésta avanza, a efecto de prevenir el aproximarse al voladero o frente de explotación, evitar que se depositen residuos sólidos urbanos de forma clandestina y reducir el riesgo de accidentes.
Respetar los límites con terrenos colindantes y el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales, caminos secundarios, acueductos, oleoductos, gasoductos, poliductos líneas de transmisión de energía eléctrica y obras públicas federales, estatales y municipales, dejando libre de explotación una franja de amortiguamiento de por lo menos 20 metros del límite del derecho de vía de los mismos o del límite con los terrenos vecinos, o mayor según fueren las características del material. El ancho de la citada franja podrá disminuirse hasta un mínimo de 10 metros, siempre y cuando se demuestre la estabilidad y seguridad del talud límite, a través de los estudios técnicos correspondientes.
La Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México emitirá un Certificado de Cumplimiento Ambiental, a los titulares que demuestren un óptimo desempeño ambiental, de acuerdo con los criterios establecidos por la propia Secretaría, en observancia y cumplimiento a la presente norma, mismo que servirá para promover la protección al ambiente y como incentivo para las empresas del ramo.
Para el caso de las minas ubicadas en la ZMVM y ZMVT, se deberá evaluar la necesidad de contar con sistemas cubre polvos en los procesos que lo requieran, a fin de evitar fuga y dispersión de material particulado. El municipio de Tepetlaoxtoc pertenece a la Zona Metropolitana del Valle de México, por lo que las minas establecidas deben de cumplir con esta norma.

En los casos que existiesen minas cercanas a zonas de asentamientos humanos, el titular deberá garantizar a través de obras de ingeniería, la estabilidad de los taludes existentes y la no afectación de las construcciones vecinas. Además de lo señalado en el punto anterior, se deberá obtener la resolución del estudio de riesgo ambiental de manera favorable; de conformidad con los artículos 2.67 del Código y 123, 126 y 139 del Reglamento del Libro Segundo del Código, en caso de ser negativo, el titular deberá realizar las obras de clausura y rehabilitación del sitio.

Se deberá entregar anualmente al IFOMEGEM, en el mes de enero, un reporte de las actividades realizadas, que incluya el volumen explotado de minerales no concesionables.

Fuente: Elaboración propia con base en (SMA, Dirección de Legalización y del Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno", 2009)

La Tabla 4 indica que existen requerimientos anuales de informes donde se provea información relacionada con la explotación, tanto de estimación de volumen de material extraído como de actividades y desempeño ambiental. También tratan de asegurar las zonas aledañas para evitar percances durante el desarrollo de la actividad.

Los aspectos requeridos durante la restauración se describen en la Tabla 5.

Tabla 5 Aspectos requeridos durante la restauración.

Aspectos requeridos durante la restauración

Para la restauración de sitios se deberá restituir con una cubierta vegetal las bermas y las superficies que hayan sido sometidas a explotación, plantando especies propias de la zona. Una vez que se haya concluido la explotación, se deberá realizar una nivelación general del piso de la mina en la zona explotada, por ello es importante el proceder a almacenar el suelo fértil, producto del despalme, en el sitio de almacenamiento existente dentro del predio, para posteriormente utilizarlo en las actividades de rehabilitación del terreno, quedando estrictamente prohibida su venta o donación.

Fuente: Elaboración propia con base en (SMA, Dirección de Legalización y del Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno", 2009)

La Tabla 5 muestra los requerimientos que deberán cumplir los promoventes, posterior al termino de la etapa de explotación.

La minería no metálica en el Estado de México

La actividad minería representa una actividad económica importante dentro del país, debido a que proporciona recursos económicos, además de empleos. De acuerdo con el anuario estadístico de minería de México en el año 2014 la producción de agregados pétreos, arenas y gravas fue de 295,063,109.68 ton y un valor de pesos corrientes de \$35,387,891,843.91, mientras que en el año 2019 la producción de estos materiales fue de 2,843,848,548.26 ton lo que representa un valor económico de \$578,513,439,379.71 pesos corrientes (SGM, 2019).

La Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) en 2019 indica que la población ocupada en el sector minero fue de 379 mil 085 mil plazas y ha generado más de 2.3 millones de empleos indirectos, el 84.3% del total fueron hombres y el 15.7% mujeres. Las ocupaciones con el mayor porcentaje de trabajadores en el mercado laboral se muestran a continuación Figura 1:

Figura 1 Mercado laboral de la minería en México

MERCADO LABORAL	
OCUPACIÓN	% PORCENTAJE
Extracción de Cantera, Arcilla, Arena, Piedra y Grava	13.4%
Operadores de Máquinas y Equipos para la Extracción y Beneficio En Minas y Canteras	10.6%
Trabajadores de Apoyo en la Minería	6.9%
Extracción en Minas de Minerales Metálicos	7.5%

Fuente: (SGM, 2019)

Las ocupaciones con el mayor porcentaje de trabajadores fueron aquellas actividades relacionadas con la extracción de cantera, arcilla, arena, piedra y grava con 13.4% y los operadores de máquinas y equipos para la extracción y beneficio en minas y canteras con 10.6%.

El Estado de México, cuenta con 2 provincias geológicas, la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico distribuidas como lo muestra la Figura 2.

Figura 2 Provincias geológicas del Estado de México



Fuente: (INEGI, 1981)

La provincia del Eje Neovolcánico está constituida en su mayoría por rocas ígneas extrusivas que ocupan una extensión importante del total del territorio estatal, por esta razón la zona norte del estado representa una zona favorable para la explotación materiales para construcción además de otros yacimientos minerales (INEGI, 1981).

Cifras oficiales del gobierno mexiquense indican que el valor de esta actividad prácticamente se duplicó entre 2012 y 2016 al alcanzar 23 millones de m^3 y una derrama económica de 3 mil millones de pesos, las características geológicas que conforman el territorio que del Estado de México determinan un importante potencial para su desarrollo (IFOMEGEN, 2017).

De acuerdo con el anuario estadístico minero el Estado de México se encuentra en la posición número 24 a nivel nacional en aprovechamiento de agregados pétreos, ocupa el 2º lugar a nivel nacional en aprovechamiento de tezontle con un volumen total explotado durante al año 2019 de 1,968,775 ton, mientras que el mineral

conocido como basalto ocupa el puesto número 7 con un volumen de explotación de 2,711,500 ton en el mismo año (SGM, 2019).

La planta minera estatal está conformada por 212 minas activas, de las cuales 209 se dedican a la extracción de sustancias minerales no metálicas (grava, arena, tezontle, basalto, entre otras). Si bien el aprovechamiento de estos recursos es una alternativa importante para la generación de empleos e ingresos para pobladores locales, también representa afectaciones al medio físico y biótico, así como en la calidad de vida de sus habitantes (IFOMEGEN, 2017).

Capítulo 2 Metodología

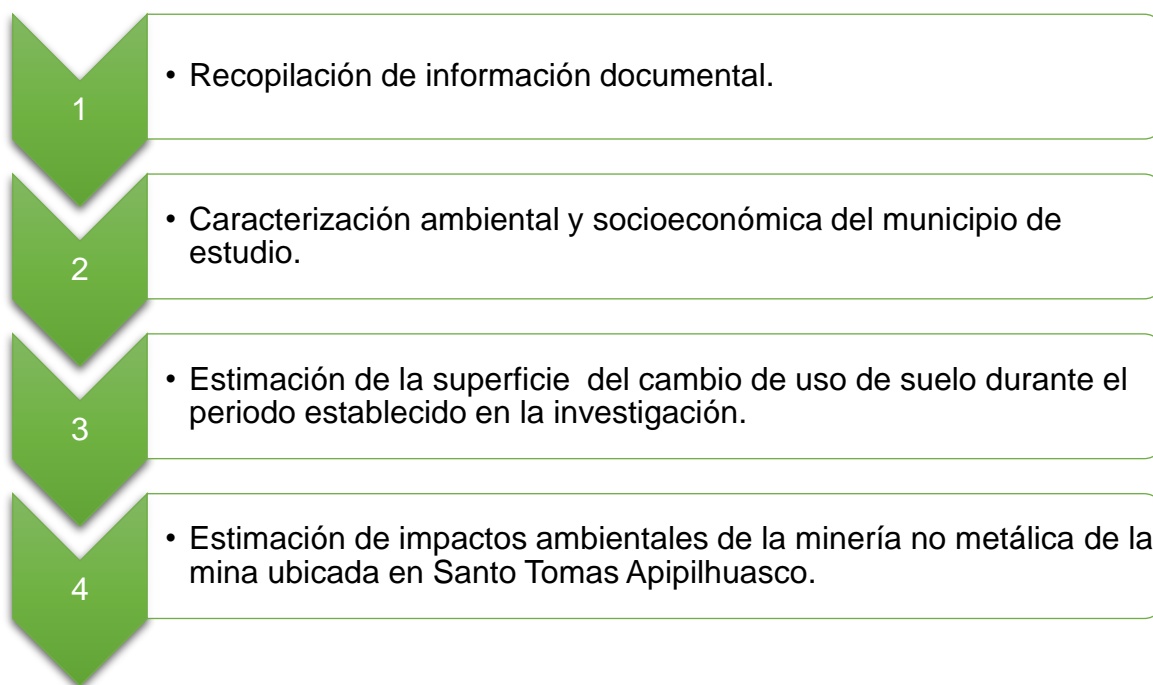
Este capítulo presenta la metodología aplicada en esta investigación, en primera instancia los puntos que conforman su desarrollo y posteriormente se explican las actividades realizadas en cada uno de ellos que permitieron alcanzar los objetivos planteados.

Metodología de la investigación

La metodología aplicada a esta investigación es cuantitativa y espacial, basada en el análisis cartográfico, para la identificación de procesos de CUS en el municipio de Tepetlaoxtoc y estimar en términos la extensión de terreno ocupado por la minería no metálica.

Debido al análisis cartográfico que debe de realizarse y a la escala a trabajar (nivel municipal), la metodología empleada para la investigación es la siguiente Figura 3:

Figura 3 Desarrollo de la metodología de investigación.



1. Se obtuvo información documental referente al tema de estudio recurriendo a fuentes como libros, artículos de revistas, informes generados por instituciones oficiales, así como también de las secretarías del país que

podiera contar con datos relacionados con la investigación, que ayuden a conformar el marco teórico.

2. El capítulo dos, consta de datos oficiales, que ayudaron a caracterizar el municipio en términos de medio ambientales y sociodemográficos, para su elaboración se consultaron fuentes oficiales de gobierno mexicano, información relacionada con la población, como con el banco de datos de INEGI, los datos más completos corresponden al Censo de Población y Vivienda 2010, sin embargo, se complementaran con los datos de la Encuesta Intercensal 2015 la cual se lleva a cabo con la finalidad de actualizar la información sociodemográfica a la mitad del periodo comprendido entre el Censo de 2010 y el que habrá de realizarse en 2020 (INEGI, 2018).
3. Los datos cartográficos de la zona de estudio se obtuvieron de la plataforma de INEGI, toda la cartografía realizada se encuentra en coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM).

Se utilizaron para esta investigación imágenes satelitales Landsat 8 disponibles en la página oficial del United States Geological Survey (USGS), se seleccionaron imágenes de los años 2014 y 2019 durante los mismos meses para evitar nubosidad que impidiera observar adecuadamente la zona de estudio. De los archivos descargables, se tomaron las bandas visibles 4, 3 y 2 para obtener el color natural en el software, se utilizó la herramienta llamada “composición de bandas” de esta manera se pudo observar los usos del municipio, se localizaron los principales y se creó un archivo de firmas con campos de entrenamiento, este método consiste en seleccionar áreas representativas para obtener su valor espectral, clasificando píxeles homogéneos y similares que definen las clases temáticas de interés es decir cada cobertura del suelo existente en el municipio (Ruiz, Savé, & Herrera, 2013). Posteriormente se ejecutó la herramienta “Clasificación de máxima verosimilitud”, como parte de la clasificación no supervisada, este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen, no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intervención humana

se centra mayoritariamente en la interpretación que en la consecución de los resultados (Chuvieco, 2000). Finalmente se realizaron reclasificaciones de cada uso suelo para un mejor manejo de datos y obtener el área correspondiente a cada uso del suelo. El resultado fue un archivo ráster, el cual se transformó en vectorial para su recorte y modificaciones posteriores. Para identificar las áreas de minería de los años correspondientes se utilizó la plataforma de Google Earth debido a que la firma espectral de estas zonas es similar al de las áreas urbanas o suelos sin vegetación, por ello se ha determinado realizar la digitalización de las áreas a través de esta plataforma, posteriormente exportarlos al software para su correcta proyección y verificación con los mapas de uso de suelo. Finalmente se hará la comparación de las pérdidas de área por minería.

4. Se realizó la selección de los factores ambientales con base a la observación de uno de los sitios de extracción ubicado en la localidad de Santo Tomás Apipilhuasco. Esta parte fue realizada desde la percepción del investigador, por lo que es una aproximación basada en datos obtenidos de diferentes fuentes, es importante mencionar que este sitio tiene características particulares, por lo cual dicho análisis no se podría aplicar a todos los sitios de extracción, sin embargo, permite detallar el alcance de las acciones realizadas durante el proyecto y los posteriores efectos en el medio ambiente.

Caracterización de la zona de estudio

La descripción de los factores ambientales del municipio representa una importante herramienta para identificar probables impactos en el ambiente resultado de la minería de materiales no concesibles.

El municipio de Tepetlaoxtoc se encuentra ubicado al Noreste del Estado de México, en las siguientes coordenadas: Latitud mínima es de 19°27'43" y máxima de 19°38'14"; la longitud mínima de 99°42'03" y máxima de 98°52'10" y la altitud es de 2,293 msnm. Colinda con los siguientes municipios Tabla 6:

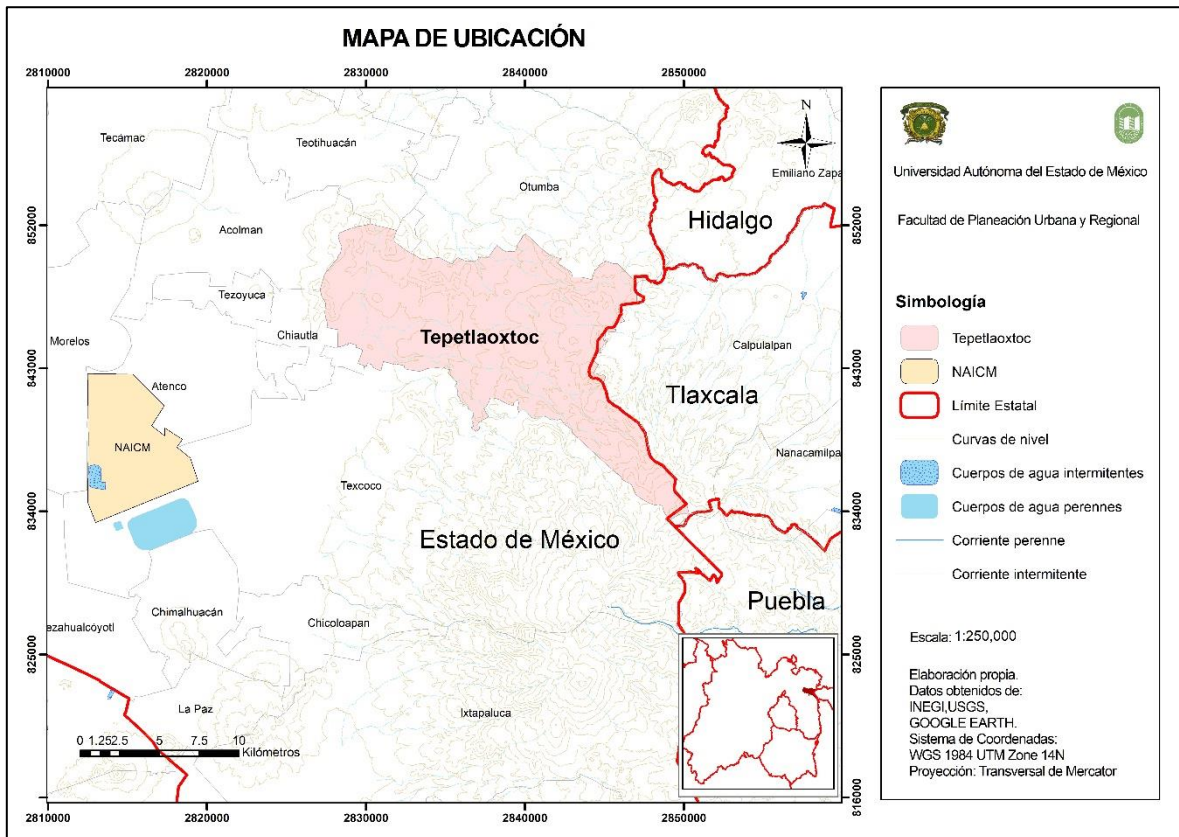
Tabla 6 Ubicación del Municipio de Tepetlaoxtoc

Dirección	Municipio
Norte	Teotihuacán, San Martín de las Pirámides y Otumba
Este	Estado de Tlaxcala
Sur	Texcoco y Papalotla
Oeste	Chiautla y Acolman

Fuente: (INEGI, 2009)

Tepetlaoxtoc se encuentra aproximadamente a 30 km del sitio donde tenía lugar el NAICM, su extensión territorial es de 17,238 hectáreas, ocupa el 0.76% de la superficie del Estado de México con base a datos oficiales proporcionados por el Bando Municipal del Gobierno de Tepetlaoxtoc (2018) ver Figura 4.

Figura 4 Mapa de ubicación del municipio de Tepetlaoxtoc

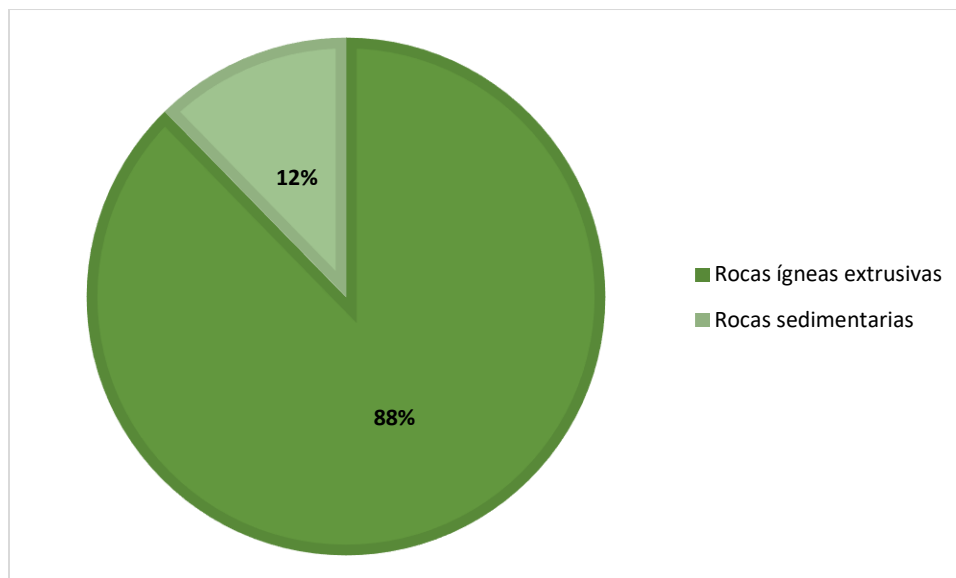


Fuente: Elaboración propia

En el municipio predomina el clima templado subhúmedo en la parte central, noreste y noroeste representa el 85.55% del territorio, mientras que en la parte sureste el 14.45% pertenece al clima semifrío subhúmedo (INEGI, 2009). Las características climáticas y la orografía que tiene propician la existencia de diferentes tipos de vegetación, que se extienden del este donde alcanza la máxima altitud y hacia el oeste donde se encuentra la parte más baja, la parte sur del municipio corresponde a un clima semifrío, además de vegetación boscosa de especies como coníferas y encinos.

Con base en información publicada por (INEGI, 2009) , la composición geológica de la zona de estudio se compone de material ígneo extrusivo y sedimentario, distribuido de la siguiente manera como se muestra en la Gráfica 1:

Gráfica 1 Composición geológica del municipio de Tepetlaoxtoc

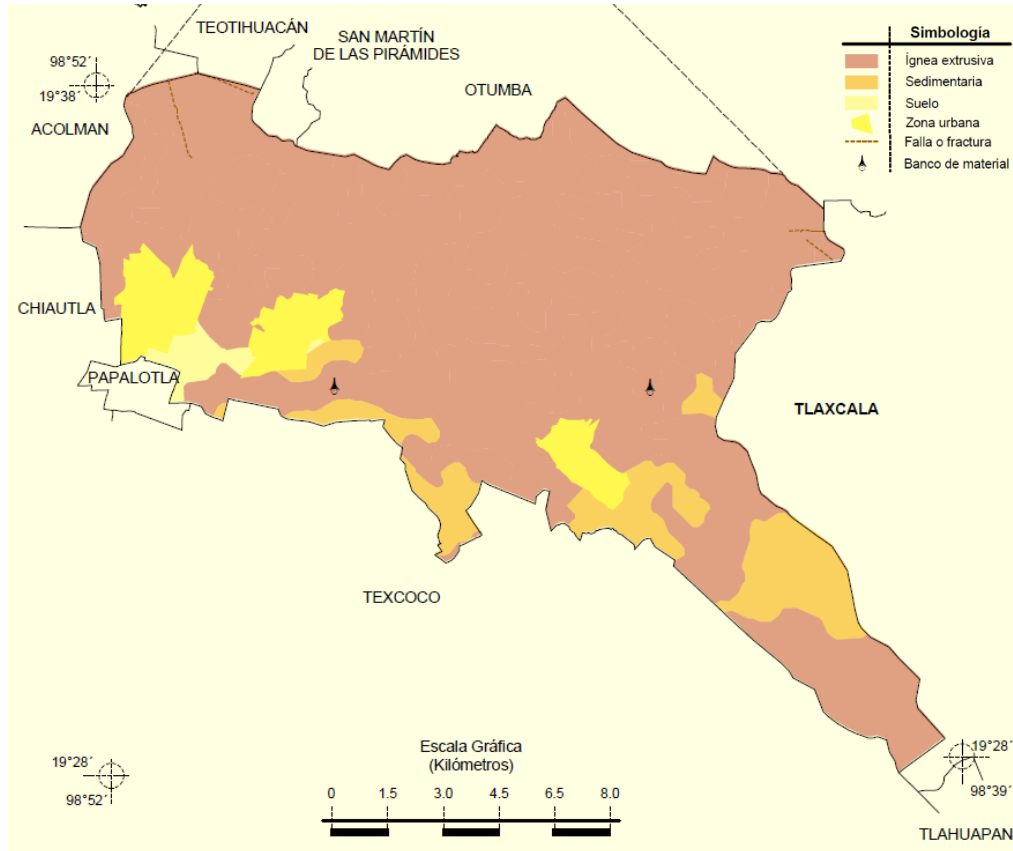


Fuente Elaboración propia con base en (INEGI, 2009)

Cabe destacar que el 81.91 % del territorio del municipio se encuentra conformado por rocas ígneas, es decir, la distribución porcentual del material de origen volcánico propicia la existencia de sitios de interés, específicamente para el aprovechamiento de bancos de material de agregados (ver Figura 5). Es importante resaltar que, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal de Tepetlaoxtoc, las zonas urbanas están creciendo sobre suelos y rocas ígneas; en lomeríos, sierras y llanuras, estas

zonas están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, bosques y ganadería (INEGI, 2009)

Figura 5 Mapa geológico del municipio de Tepetlaoxtoc



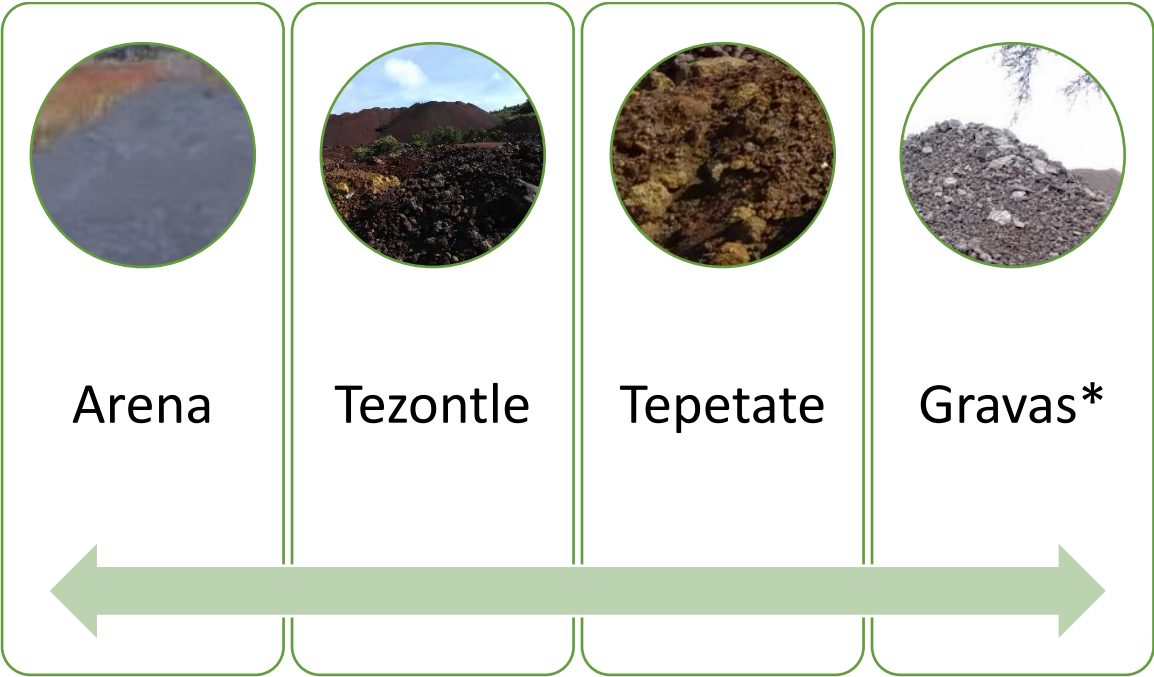
Fuente: (INEGI, 2005)

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano del año 2005, la ocupación del territorio urbano abarca 988.01 hectáreas y el no urbano 16,249.99 hectáreas, de las 17,238 hectáreas que posee el municipio. Información de INEGI (2009), indica que los usos del suelo del municipio son los siguientes:

- Agricultura
- Pastizal
- Bosque
- Matorral
- Zona urbana

Los últimos datos reportados por el IGCEM (2021) en su publicación Estadística Básica Municipal, sección Aspectos Económicos, indican que la minería dentro del municipio de Tepetlaoxtoc es responsable de la explotación de los siguientes minerales no metálicos ilustrados en la Figura 6:

Figura 6 Tipo de minerales no metálicos explotados en el municipio de Tepetlaoxtoc información basada en (IGCEM, 2021)

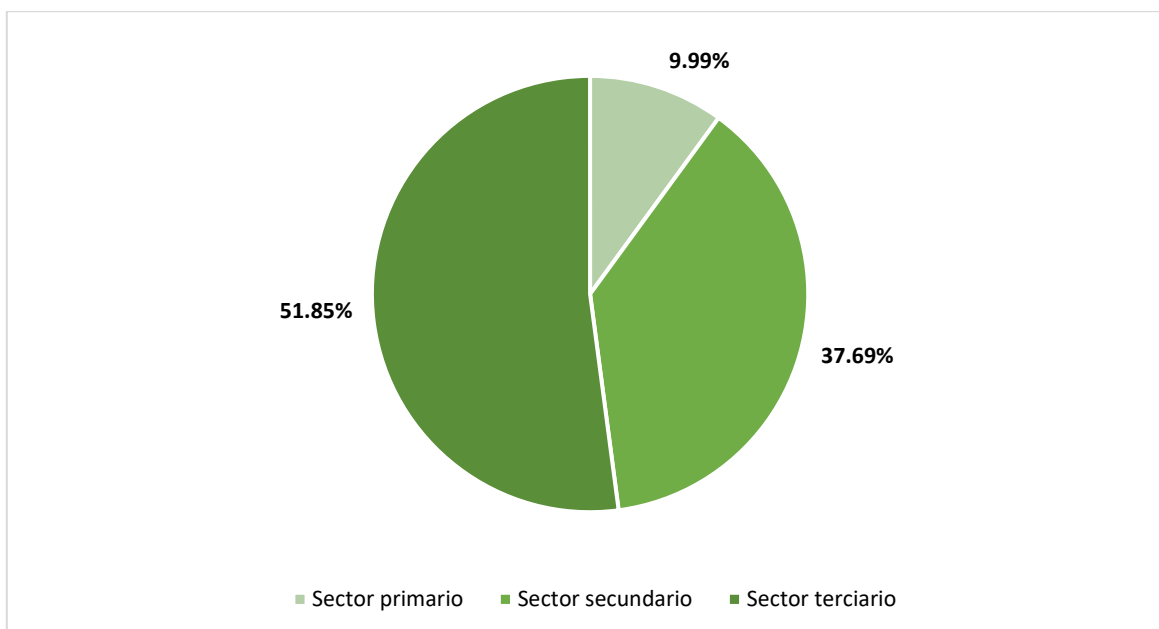


Los minerales no metálicos, según INEGI (2021) *“incluyen rocas y minerales que tienen utilidad y aplicación en la industria o en la construcción: arena y grava, roca caliza (cal), carbón mineral, azufre, fluorita y sal, entre otros”*.

Aspectos sociales y económicos vinculados a procesos de CUS

Los aspectos sociales y económicos pueden determinar el uso del suelo, por ello es importante conocer el contexto en el cual se desarrolla la población del municipio. Durante el año 2015, en el municipio de Tepetlaoxtoc el 9.99% de su población se encontraba ocupada en el sector primarios, mientras que el 37.68% se ocupa en el sector secundario el 51.85% restante en el sector terciario como lo muestra la Gráfica 2:

Gráfica 2 Actividades económicas en el municipio de Tepetlaoxtoc



Fuente: Elaboración propia con base en información de (IGECEM, 2021)

Las principales actividades económicas del municipio de Tepetlaoxtoc relacionadas con el uso del suelo se encuentran configuradas de la siguiente manera:

- Industria, sector se contempla la existencia de 3 minas, las cuales están registradas en el padrón de contribuyentes de la Presidencia Municipal.
- Sector primario, donde resaltan las actividades pecuarias y agrícolas fundamentales para la economía del municipio, durante el año 2014 la actividad reporto 7,697 has sembradas, los años siguientes la actividad registro menos has sembradas como lo muestra la Tabla 7.

Tabla 7 Superficie sembrada (ha) en el municipio de Tepletlaoxtoc (2014- 2019)

Año	Superficie sembrada (Ha)
2014	7,697
2015	3,004
2016	2,479
2017	2,953
2018	*
2019	3,005

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por (IGECEM, 2021)

El plan de desarrollo municipal del H. Ayuntamiento de Tepetlaoxtoc 2016 - 2018, dicho documento indica que a pesar de las actividades desarrolladas dentro del municipio, existe una carencia de fuentes de empleo, que obliga a que la mayoría de la población a dirigirse al municipio de Texcoco para desarrollar la mayoría de sus actividades (Tepetlaoxtoc H. C., 2016) .

La población del municipio realiza las siguientes actividades económicas las cuales han ido cambiando con el paso de los años como lo muestra la Tabla 8:

Tabla 8 Población ocupada, según condición de actividad económica, Tepetlaoxtoc.

Población ocupada, según condición de actividad económica	Año				
	2010	2014	2015	2016*	2019
Agricultura, ganadería, caza y pesca	1,062	1,220	1,292	1,400	1,755
Industrial	3,811	4,744	4,871	5,224	5,339
Servicios	5,337	6,316	6,703	6,562	6,900
No especificado	193	68	62	57	63
Total	10,403	12,348	12,928	13,243	14,058

*Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por (IGECM, 2021) *No se reportan los años 2017 y 2018 debido a la falta de datos.*

Durante este periodo la actividad agrícola ha presentado un aumento en el número de personas que la práctica, además de un aumento de la población dedicada a actividades industriales y finalmente una tendencia al alza de actividades relacionadas con servicios.

La tendencia de la población ocupada es hacia actividades económicas relacionadas con el sector industrial y de servicios, se ve influenciada por la cercanía al municipio de Texcoco y a la Ciudad de México, además de que en los últimos años, el municipio de Tepetlaoxtoc fue de los municipios que proveía de materiales era Tepetlaoxtoc, que si bien existían minas de pétreos dentro de sus límites territoriales, influyo en los usos del suelo el desarrollo de un proyecto de tal magnitud. Carabaña (2019) quien indica que más de la mitad de las minas de tezontle y basalto en los cerros que rodean las obras del Nuevo Aeropuerto Internacional de Ciudad de México operaron de forma ilegal entre 2016 y 2018.

Capítulo 3 Resultados y discusión

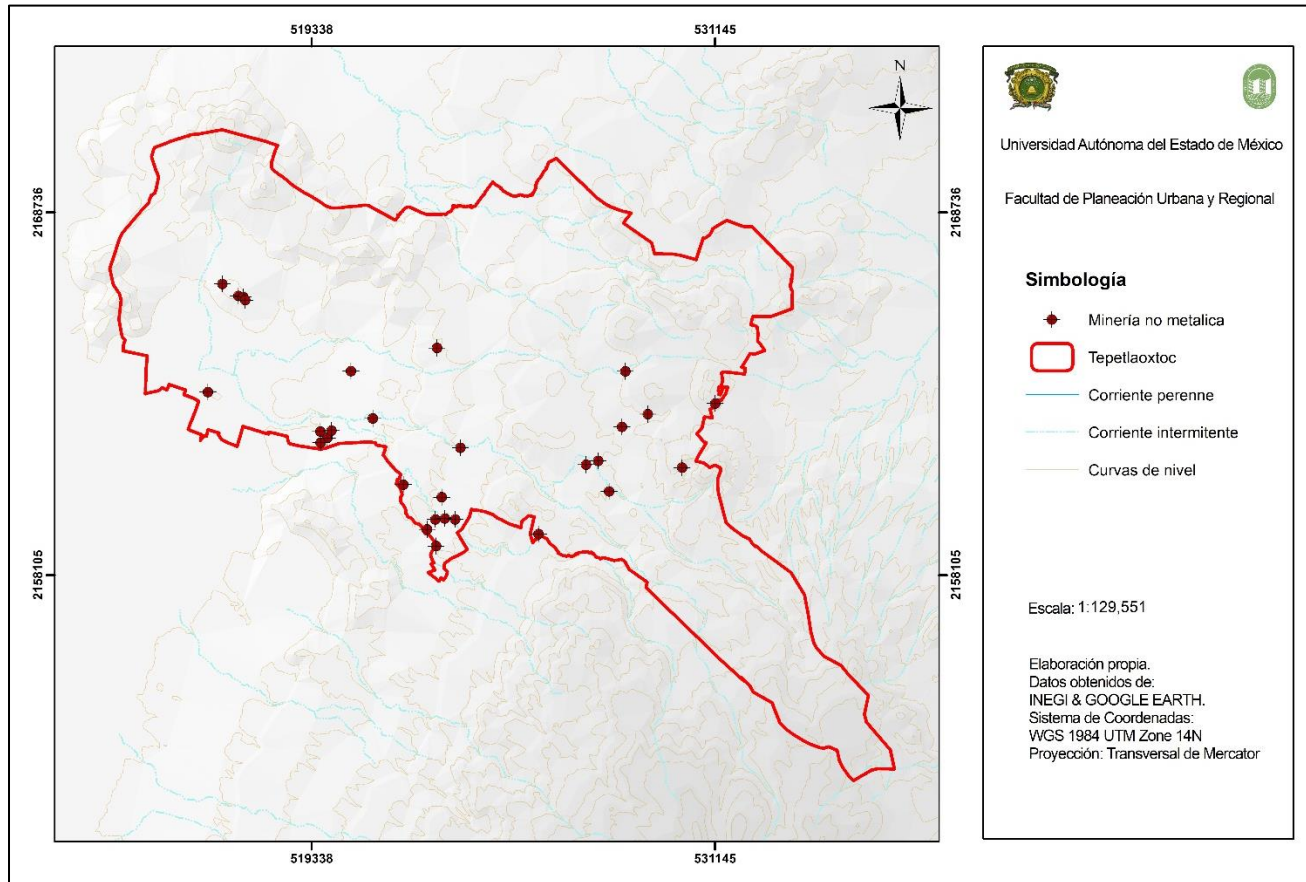
En este capítulo se muestran los resultados, y la discusión analítica de los mismos. Se compara la dinámica de uso de suelo que se presentó en el municipio de Tepetlaoxtoc durante el año 2014 a 2019. Para ello, se despliegan los mapas de interés correspondientes por año, y dos mapas comparativos de inicio (2014) y un mapa final (2019), además de información que aporta a la investigación, relacionada con la dinámica social del municipio y finalmente una matriz de estimación de impactos que considera los principales efectos en el ambiente durante el desarrollo de actividades de extracción.

Sitios de Extracción de minería 2014-2019

El primer análisis realizado fue la localización de sitios de extracción de minerales no metálicos, se elaboraron 4 mapas de los años de 2014, 2016, 2017 y 2019 con la finalidad de detectar el comportamiento durante el periodo de estudio, y se analizaron imágenes satelitales de Google Earth, los puntos recolectados en el municipio permitieron detectar nuevos polígonos asociados a la actividad, los 4 mapas resultantes fueron de los siguientes años, 2014 (Figura 7), 2016 (Figura 8), 2017 (Figura 9) y 2019 (Figura 10).

En la Figura 7 se registraron 29 puntos asociados a la minería no metálica en el municipio el año 2014

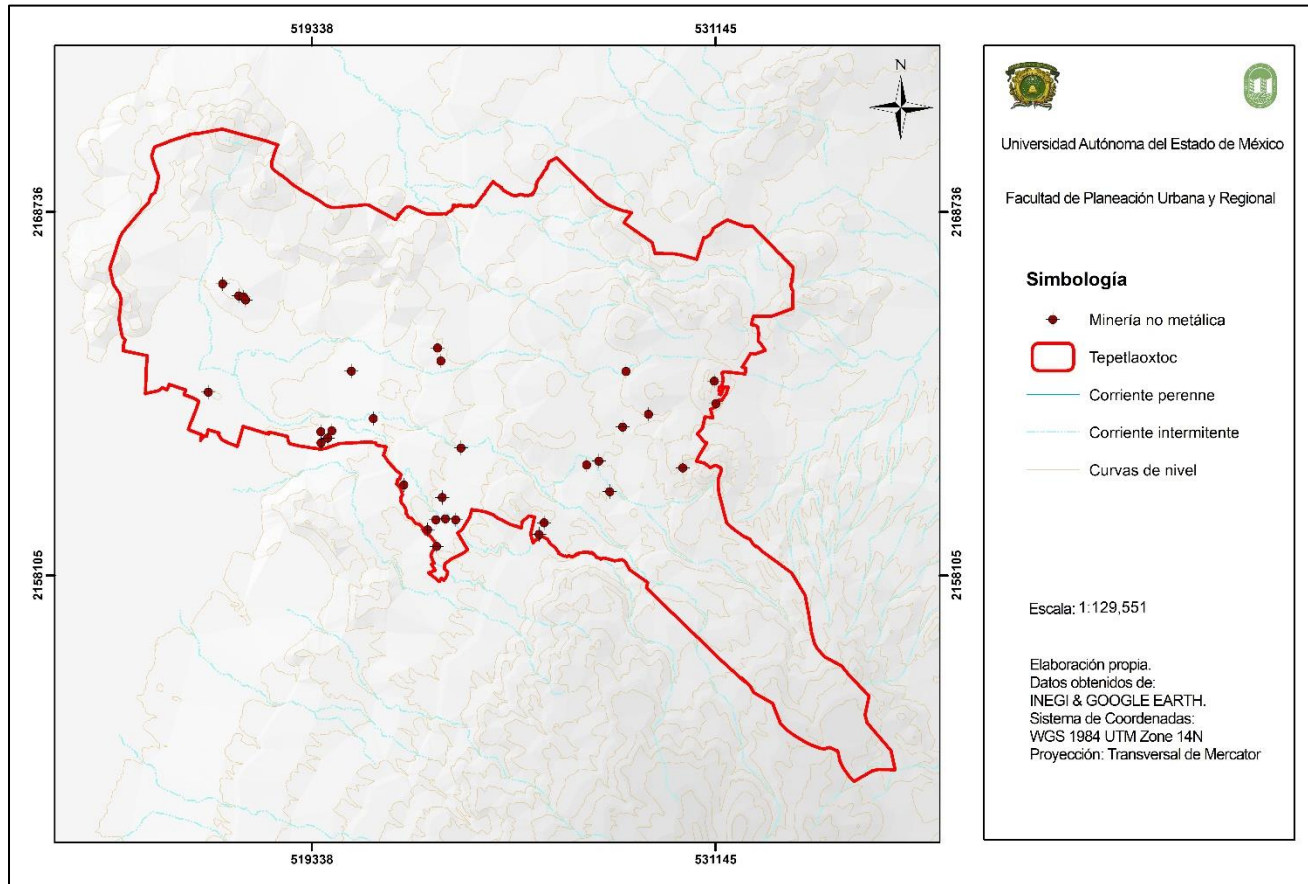
Figura 7 Mapa de minería de materiales no concesibles 2014



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 8 en el año 2016, se tenían contabilizados 32 puntos, solo 3 más desde el año 2014.

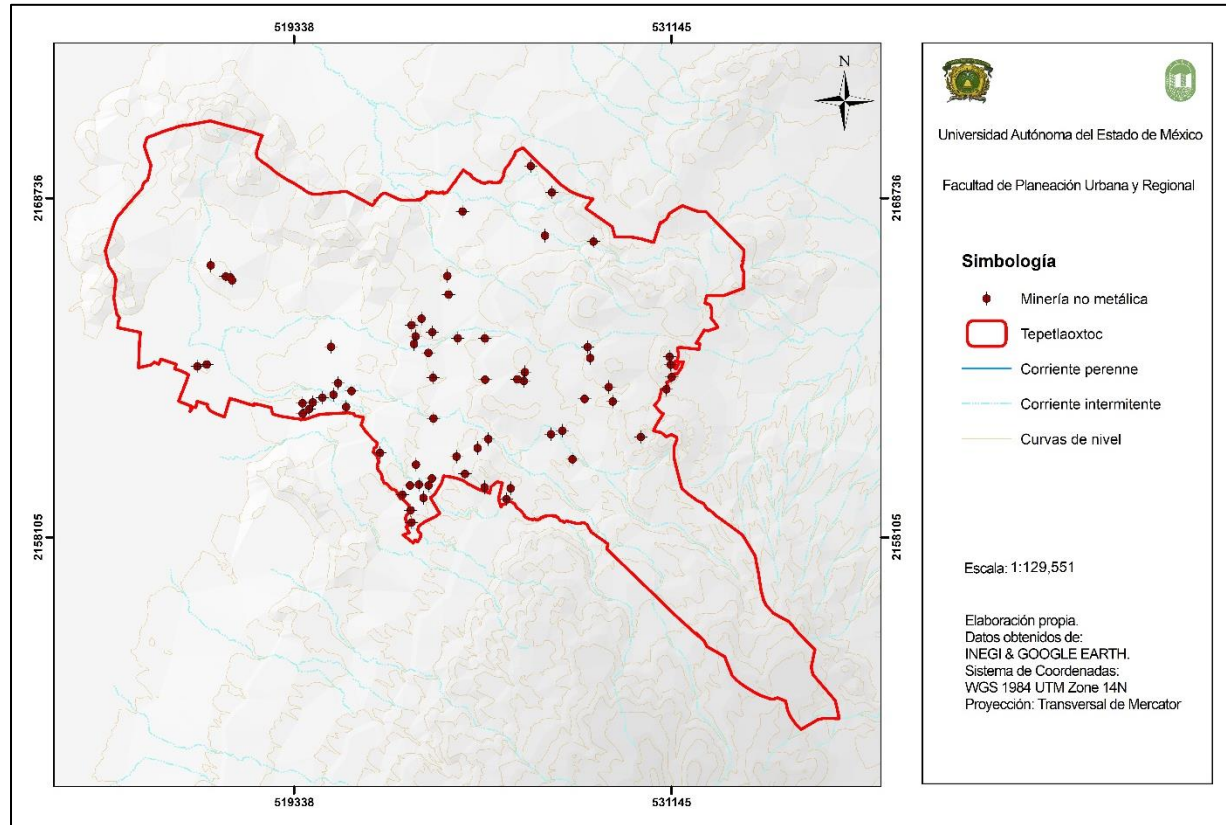
Figura 8 Mapa de minería de materiales no concesibles 2016



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el año 2017, la cifra tuvo un comportamiento diferente, se registraron 66 puntos, 34 más que el año anterior como se observa en la Figura 9.

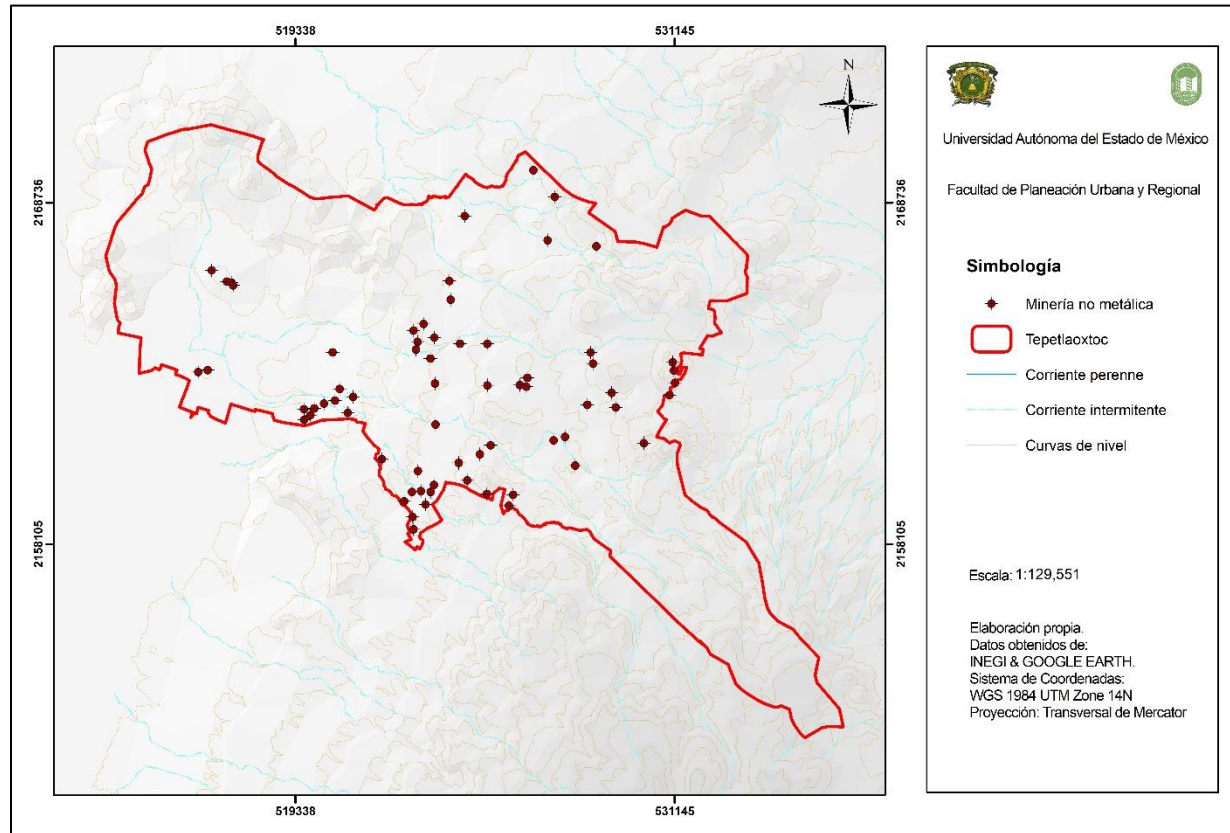
Figura 9 Mapa de minería de materiales no concesibles 2017



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 10, en el año 2019, no se presentaron nuevos polígonos.

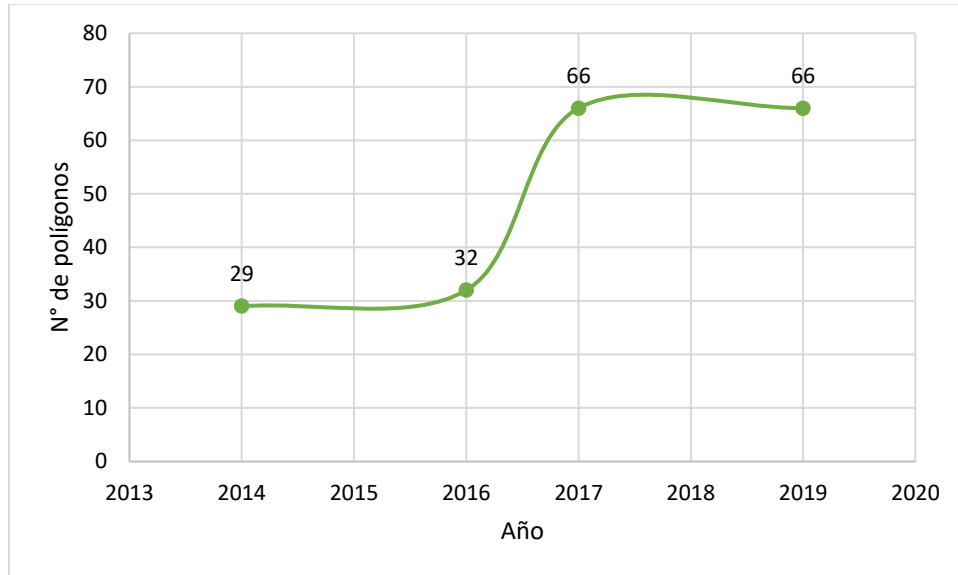
Figura 10 Mapa de minería de materiales no concesibles 2019



Fuente: *Elaboración propia*

El comportamiento de los dichos cambios en el municipio se expresa en la Gráfica 3:

Gráfica 3 Evolución de la minería de materiales no concesibles



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de uso de suelo se realizaron 2 mapas finales, uno del año 2014 y el segundo del año 2019, lo que nos permite ver los cambios entre dicho periodo.

Los usos de suelo que se utilizaron para esta investigación fueron 6:

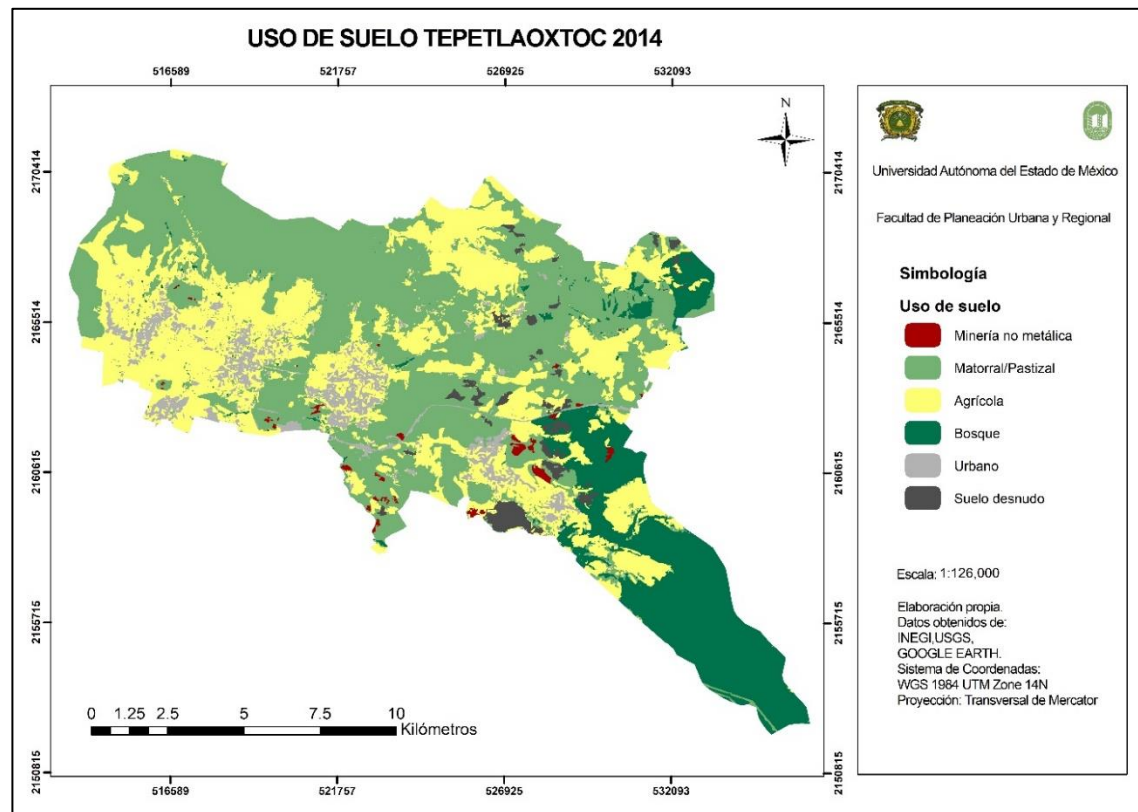
- Minería no metálica
- Matorral/pastizal
- Agrícola
- Bosque
- Urbano
- Suelo desnudo

Este último asociado a suelos erosionados donde no existe la presencia de vegetación. El análisis de los mapas realizados proporcionó los siguientes resultados y se encuentran descritos en orden cronológico:

Cambios de uso de suelo en Tepetlaoxtoc

El municipio de Tepetlaoxtoc está compuesto por 17,877 hectáreas de acuerdo con el Marco Geoestadístico proporcionado por INEGI, durante el año 2014 los usos del suelo se encontraban configurados de la siguiente manera (ver Figura 11):

Figura 11 Mapa de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014



Fuente: Elaboración propia

Durante este año comenzaron las obras iniciales del NAICM. Los usos del suelo se encontraban configurados de la siguiente manera (ver Tabla 9).

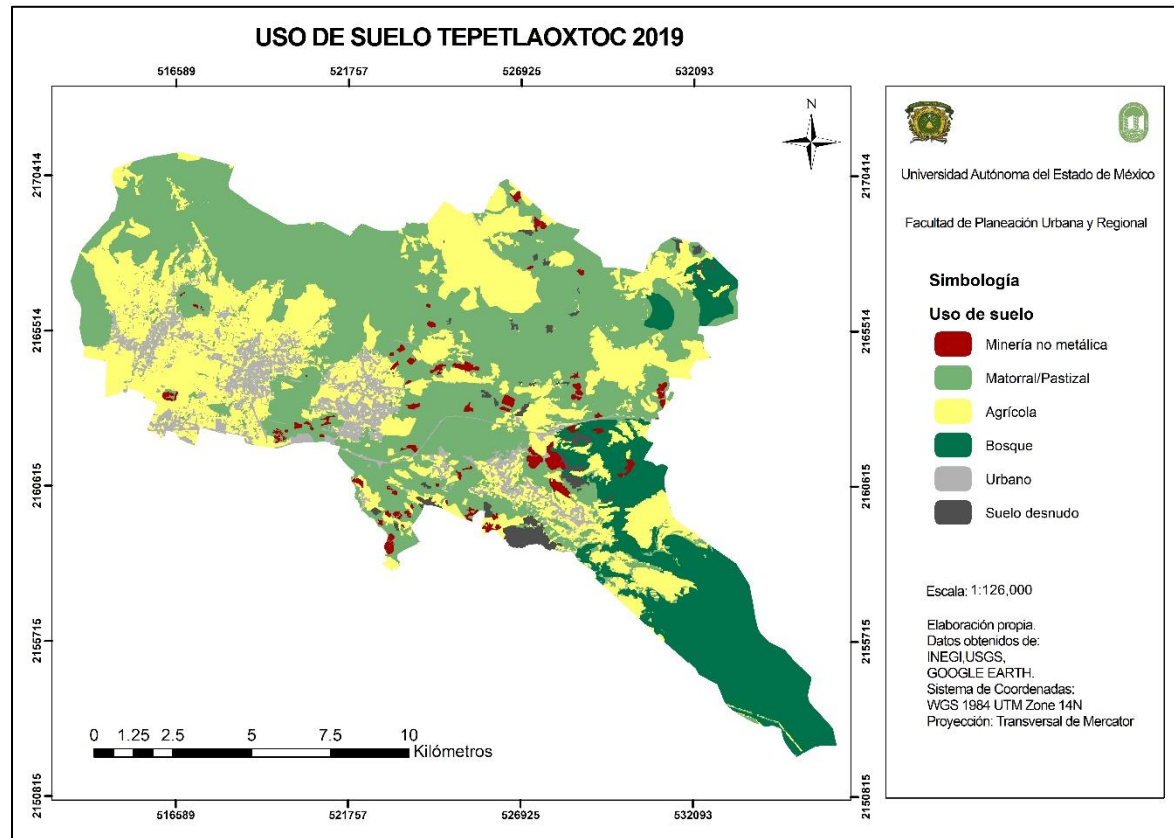
Tabla 9 Uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014

Uso de suelo	Superficie (ha)
Minería no metálica	98
Matorral/Pastizal	7,958
Agrícola	5,754
Bosque	2,739
Urbano	991
Suelo desnudo	337

Fuente: Elaboración propia

Durante el año 2019 se anunció oficialmente la cancelación del proyecto NAICM, el mapa de uso de suelo de este año (ver Figura 12) fue el siguiente:

Figura 12 Mapa de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2019



Fuente: Elaboración propia

Y en la Tabla 10 se presenta la superficie (ha) de los usos de suelo del municipio

Tabla 10 Uso de suelo Tepetlaoxtoc 2019

Uso de suelo	Superficie (ha)
Minería no metálica	292
Matorral/Pastizal	8,042
Agrícola	5,520
Bosque	2,588
Urbano	1,190
Suelo desnudo	245

Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas de cobertura se representan con signo negativo, mientras que las ganancias con signo positivo en la Tabla 11.

Tabla 11 Cambio de uso de suelo 2014 - 2019 (has)

Uso	Has (2014)	Has (2019)	Cambio (en ha)
Minería no metálica	98	292	+194
Matorral/pastizal	7,958	8,042	+ 84
Agrícola	5,754	5,520	-234
Bosque	2,739	2,588	-151
Urbano	991	1,190	+199
Suelo desnudo	337	245	-92

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 muestra dos procesos de cambio de uso de suelo importantes y contrastantes, por un lado la minería no metálica cuyo uso tuvo un aumento de 194 has y por otro lado el uso de suelo urbano que tuvo un aumento de 199 ha, sin embargo, se debe tener en cuenta que durante la digitalización de los polígonos de extracción no se tomaron en cuenta caminos generados por la actividad, por lo que se consideran parte del suelo urbano. Por supuesto, igualmente hay zonas urbanas

constituidas durante el periodo de estudio. Los datos también reflejan las pérdidas en otros usos, el bosque presentó una pérdida de 151 ha mientras que el uso agrícola tuvo una pérdida de 234 ha.

En términos de porcentaje en el año 2014 el uso minero representaba el 0.55% del territorio total del municipio, para el año 2019 era de 1.63% es decir 1.09% mayor (ver Tabla 12)

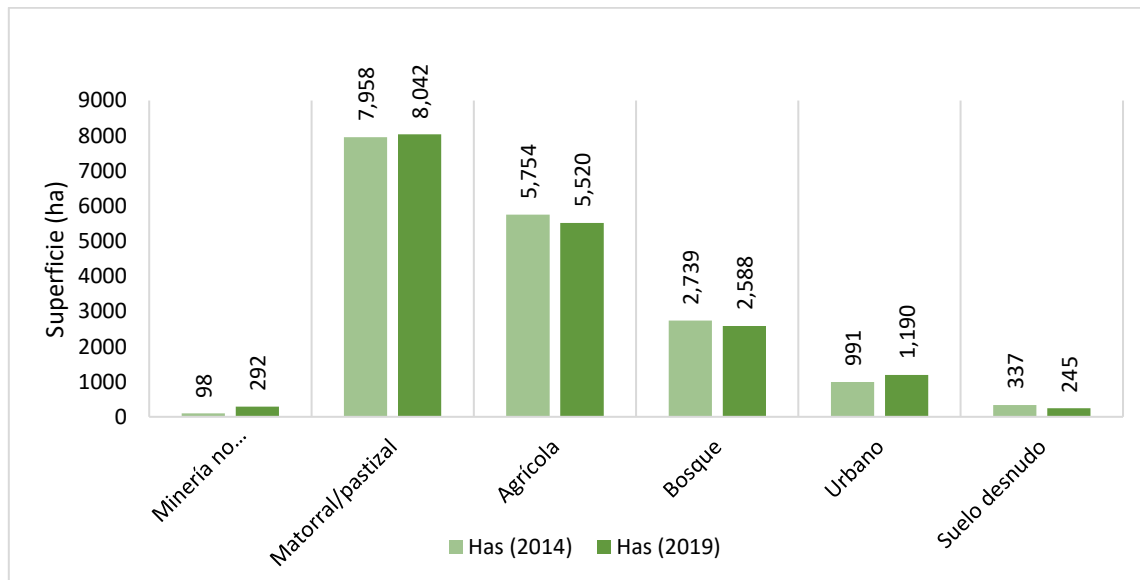
Tabla 12 Porcentaje de usos de suelo del municipio de Tepetlaoxtoc

Uso de suelo	2014		2019		Cambio
	Ha	%	Ha	%	%
Minería no metálica	98	0.55	292	1.63	1.09
Matorral/pastizal	7,958	44.52	8,042	44.99	0.47
Agrícola	5,754	32.19	5,520	30.88	-1.31
Bosque	2,739	15.32	2,588	14.48	-0.84
Urbano	991	5.54	1,190	6.66	1.11
Suelo desnudo	337	1.89	245	1.37	-0.51

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 4 se visualizan los cambios en el uso, específicamente para la minería no metálica hay un aumento de 194 ha lineales en las cuales se desarrolla esta actividad.

Gráfica 4 Dinámica de cambio de uso de suelo Tepetlaoxtoc 2014 – 2019



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, como se observa en la Tabla 13, la mayor parte de las zonas en el año 2019 con un uso de suelo minero no metálico pertenecían en al año 2014 a los siguientes usos: la mayoría eran áreas de matorral y pastizal, seguidos por zonas agrícolas, bosque y suelo desnudo, 98 ha ya pertenecían a este uso.

Tabla 13 Uso de suelo previo al uso de suelo minero

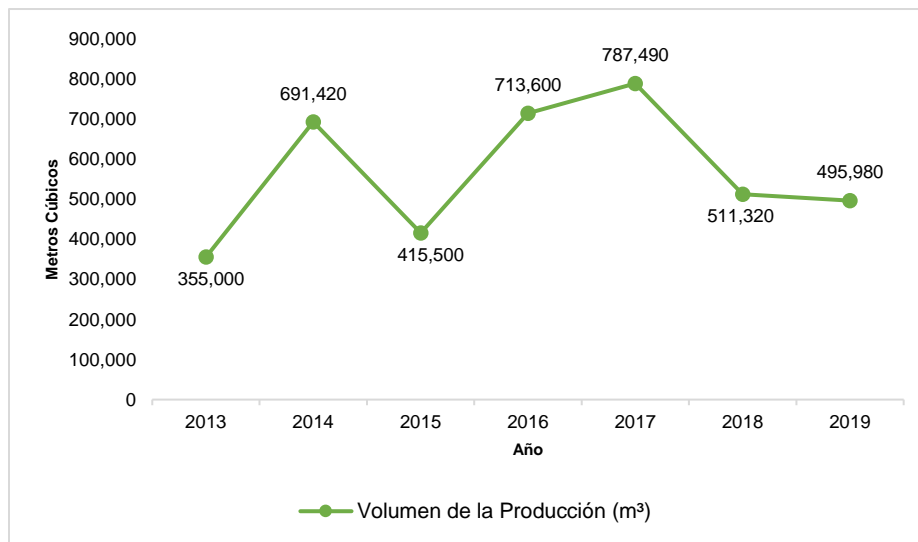
Uso	Área (ha)
Matorral y Pastizal	165
Minería	98
Agrícola	13
Bosque	8
Suelo desnudo	8
Total	292

Fuente: Elaboración propia

Volumen de producción minera no metálica

Los datos de la Gráfica 5 fueron extraídos del apartado de las principales variables geográficas, de infraestructura, económicas, demográficas y sociales del Estado de México a través del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México IGCEM (IGCEM, 2021).

Gráfica 5 Volumen de producción de minería no metálica

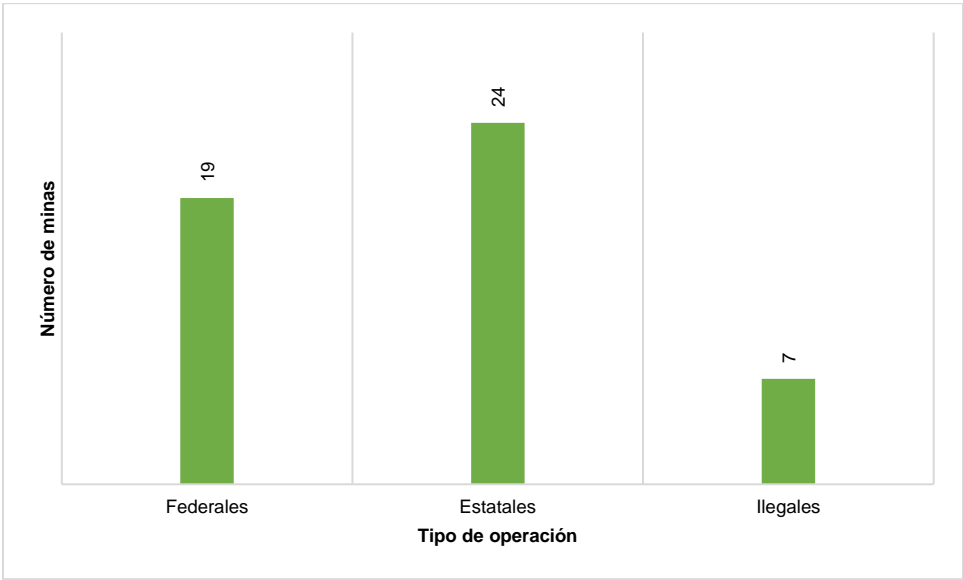


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de IGCEM (2021).

Durante el año 2014 comenzó a presentarse un aumento en el volumen de producción de minerales no metálicos en el municipio, pasando de **355,000 m³** en el 2013 a un máximo registrado en el año 2017 de **787,490 m³**, sin embargo, posterior a este periodo se observa una tendencia a la baja en la demanda de materiales llegando a **495,980 m³** en el año 2019.

De acuerdo con la investigación realizada por Carabaña (2019) en el municipio de Tepetlaoxtoc existe 7 minas que realizan actividades de extracción sin regulación con carácter ilegal, mientras que 19 operan con carácter federal y 24 de carácter estatal como se observa en Gráfica 6, sin embargo de este número existen minas que operaron ilegalmente antes de obtener los permisos correspondientes, por lo que el volumen de material explotado podría variar y ser mayor al reportado, es decir no existe una cantidad total estimada.

Gráfica 6 Minas y tipo de operación

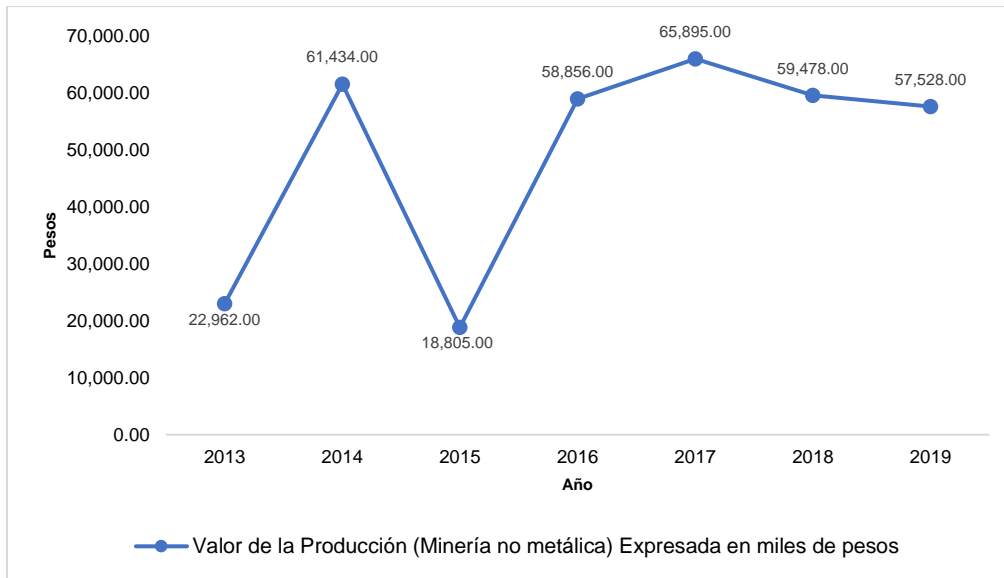


Fuente: Elaboración propia, a partir de (Carabaña, 2019).

Ganancias económicas de la producción minera

En términos de ganancias económicas se obtuvieron los datos al respecto de los años 2013 a 2019 que se presentan en la Gráfica 7.

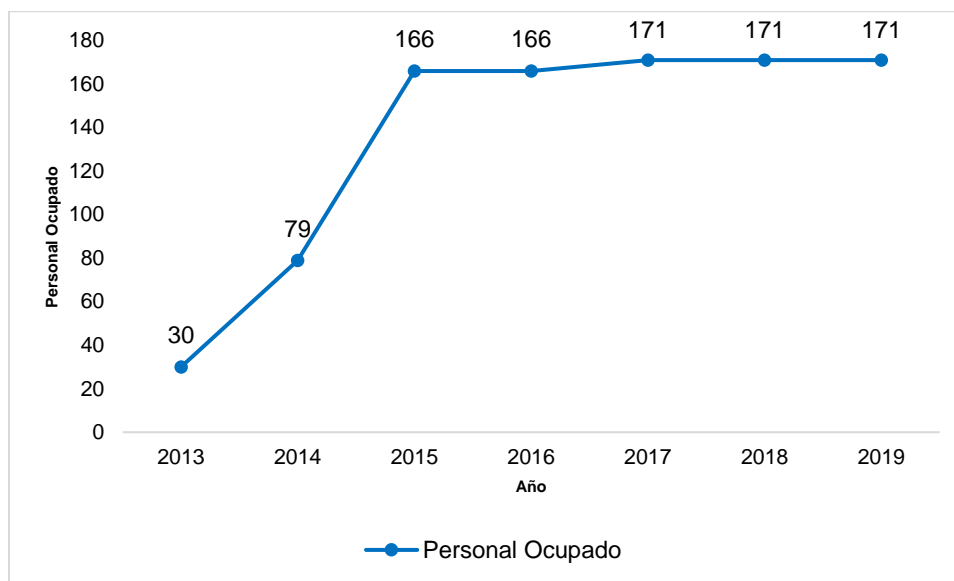
Gráfica 7 Valor de la producción en miles de pesos de la minería no metálica



Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de (IGCEM, 2021)

Durante el periodo de estudio también se analizaron datos referentes a los empleos generados por esta actividad, 30 personas se encontraban empleadas en esta actividad durante el 2013 de acuerdo a los datos publicados por IGCEM (2021), en los años siguientes se alcanzó un máximo de 171 personas empleadas posteriormente la cifra se mantiene como lo muestra la Gráfica 8, pero no se cuentan con más datos, tampoco se especifica si se contabilizan aquellos empleos indirectos, y quedan en duda si los empleos generados son formales o informales, por lo que existe la posibilidad de que los empleos generados sean más.

Gráfica 8 Personal ocupado en actividades de minería de minerales no metálicos en el período 2013 - 2019



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (IGCEM, 2021)

Se recabaron datos sobre la producción en metros cúbicos de materiales, por tipo de material presentados en la Tabla 14, los materiales que fueron extraídos fueron principalmente, arena, tezontle, tepetate y gravas

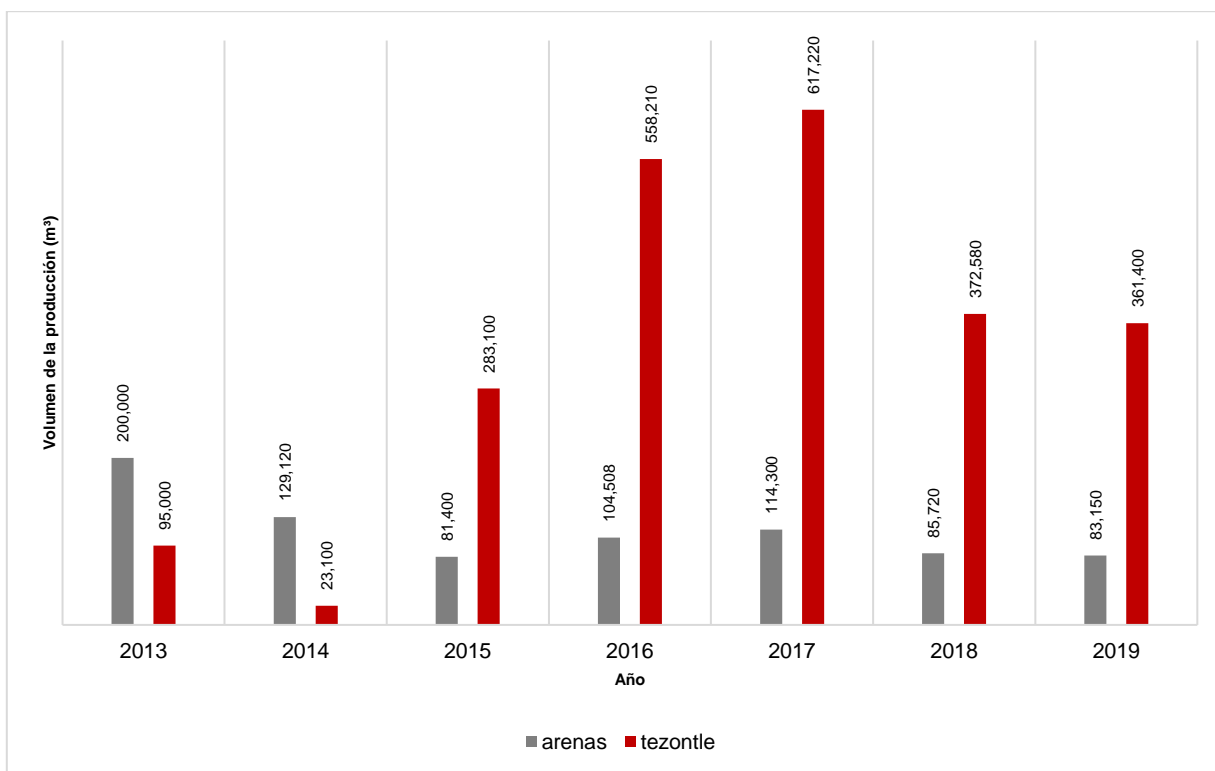
Tabla 14 Materiales extrahidos en el municipio de Tepetlaoxtoc 2013- 2019

Año	Arenas	Gravas	Tezontle	Tepetate
2013	200,000	60,000	95,000	*
2014	129,120	468,000	23,100	71,200
2015	81,400	*	283,100	51,000
2016	104,508	*	558,210	50,882
2017	114,300	*	617,220	55,970
2018	85,720	*	372,580	53,020
2019	83,150	*	361,400	51,430

Fuente: (IGCEM, 2021) * no existen datos

Al analizar los datos proporcionados por el Estado de México se observa un aumento en la demanda de tezontle que va de los 95,000 m³ en el año 2013 a un máximo de 617,220 m³ en el 2017, el año posterior se presenta una baja en la demanda (ver Gráfica 9), este comportamiento refleja la situación que enfrentaba en 2018 el proyecto NAICM donde se vislumbraba su posible cancelación debido a que la entrada de una nueva administración.

Gráfica 9 Volumen de producción de arenas y tezontle 2013-2019



Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de (IGCEM, 2021)

El proyecto NAICM demandó grandes cantidades de tezontle durante el tiempo que operó, este comportamiento se refleja en la Gráfica 9 a partir del año 2018 comienza a descender el volumen de la producción.

El tezontle es un material ígneo volcánico extrusivo ampliamente conocido por su uso en la construcción y decoración, sin embargo, también se han estudiado sus propiedades en los procesos de filtrado de aguas residuales, ayudando a reducir la presencia de iones metálicos, por lo que la extracción de este material puede modificar la calidad del agua que se filtra al suelo (Ponce Lira, et al., 2013).

Estimación de impactos ambientales

Posteriormente para la estimación cualitativa de los principales impactos generados por la minería no metálica se considera de la denominada “Matriz de Interacciones de Leopold”, la cual se define como “una matriz de interacción simple para identificar los diferentes impactos ambientales potenciales de un proyecto determinado. Esta

matriz de doble entrada tiene como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que tendrán lugar y que pueden causar impacto" (Coria, 2008).

En esta metodología, se utilizan dos tipos de matrices en etapas sucesivas de análisis:

1. **Matriz de identificación de impactos ambientales**, se elabora a través de la relación entre las acciones del proyecto y los factores (componentes ambientales) a ser evaluados, la metodología permite hacer ajustes para proyectos particulares (Coria, 2008).

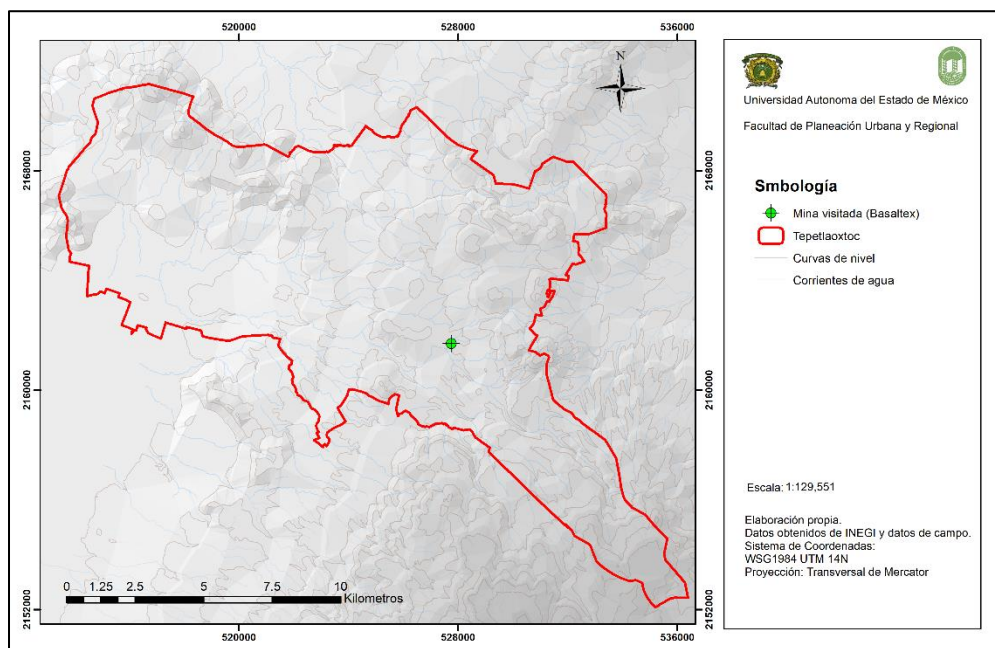
El proceso de proceso de extracción conlleva 3 etapas principales:

- **Inicio:** se desarrollan actividades de exploración y planeación, la actividad minera inicia con el proceso de búsqueda de yacimientos, realizadas por especialistas, generalmente geólogos, que realizan estudios para conocer las características del sitio de interés. Durante esta etapa se requieren permisos del estado para poder realizar trabajos de exploración y en dado caso de ser localizados yacimientos se procede a solicitar estudios de impacto ambiental para el proceso de extracción (Asociacion de Ingenieros de Minas, 2015).
- **Explotación:** durante esta etapa se realiza la preparación del terreno, actividades como limpieza y remoción de vegetación son esenciales, además de que en dado caso de ser requerido se construyen vías de acceso, obras complementarias (campamentos, bodegas, edificios entre otros requeridos por la actividad), sitios de stock, cunetas, drenaje. También se incluyen actividades de corte, carga, transporte y disposición de residuos, además de actividades de mantenimiento en caso de ser requeridas (UICN, 2009).
- **Cierre y restauración:** finalización del proyecto, esta etapa contempla la aplicación de una serie de planes y/o medidas que ayuden a rehabilitar el sitio de explotación previamente modificado durante las etapas anteriores, se contemplan años posteriores debido a que se recomienda realizar monitoreos para observar la evolución del sitio (Asociacion de Ingenieros de Minas, 2015).

La magnitud de los impactos depende de las condiciones específicas del área de explotación, por lo que es difícil estimar los impactos generados en todo el municipio.

Durante, la investigación se realizó la siguiente estimación cualitativa a partir de la visita a campo, la teledetección y la teoría de los impactos ambientales basado en el análisis bibliográfico y observación de la mina visitada en el municipio de Tepetlaoxtoc, ubicada en la localidad de Santo Tomas Apipilhuasco (ver Figura 13).

Figura 13 Mapa de ubicación de mina en visita de campo



Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por INEGI.

La mina denominada Basaltex, se encuentra localizada en el sureste del municipio, en esta mina se realizan trabajos de extracción de basalto, tezontle y producción de aditamentos de interés realizados con estos materiales, como tabicones o baldosas, es una de las minas más grandes del municipio, abarca un área de 27.23 ha.

Durante la visita de campo realizada el 31 de agosto y 1º de septiembre del 2018 se tuvo la oportunidad de entablar conversaciones con residentes de lugar que dieron los siguientes comentarios:

- La población indicó que el municipio no estaba familiarizado con la minería, sus actividades estaban encaminadas a la agricultura, forestal o laborar fuera del municipio, generalmente en el municipio de Texcoco.
- Las áreas mineras en muchos casos ya no pertenecían a residentes de lugar, si no que las vendían y eran los nuevos propietarios quienes las convertían en minas, además de que se habían construidos nuevos accesos que antes no existían.

Durante la visita realizada también se acudió al ayuntamiento y se obtuvo la siguiente información:

- La dirección de medio ambiente desconocía el número de minas en el municipio, sin embargo mencionó la existencia de sitios ilegales de extracción.

Para la identificación los impactos ambientales, se debe conocer bien sus causas o acciones, por ello es importante el desarrollo de una lista de las actividades que componen cada proyecto Enrique Sánchez (2010), para la extracción de minerales no metálicos se contemplan las siguientes acciones de acuerdo con la Guía de gestión ambiental para minería no metálica realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN, 2009).

- Actividades de exploración (métodos y sistemas de explotación)
- Desbroce
- Apertura de vías de acceso
- Obras complementarias (campamentos, obras de infraestructura)
- Perforación y extracción de material
- Clasificación, trituración y almacenamiento de material
- Cargue y transporte
- Reubicación de escombros o materiales no comerciales
- Disposición de residuos (otros)
- Procesos de restauración (revegetación y/o reforestación)

Esta metodología para estimación de impactos requiere el desarrollo de una matriz de doble entrada donde se señalan las interacciones entre las **actividades** que

componen el proyecto y los **factores**, los cuales se definen como “*componentes del medio natural y los antrópicos que podrían ser potencialmente afectados por la actividad*” (Coria, 2008).

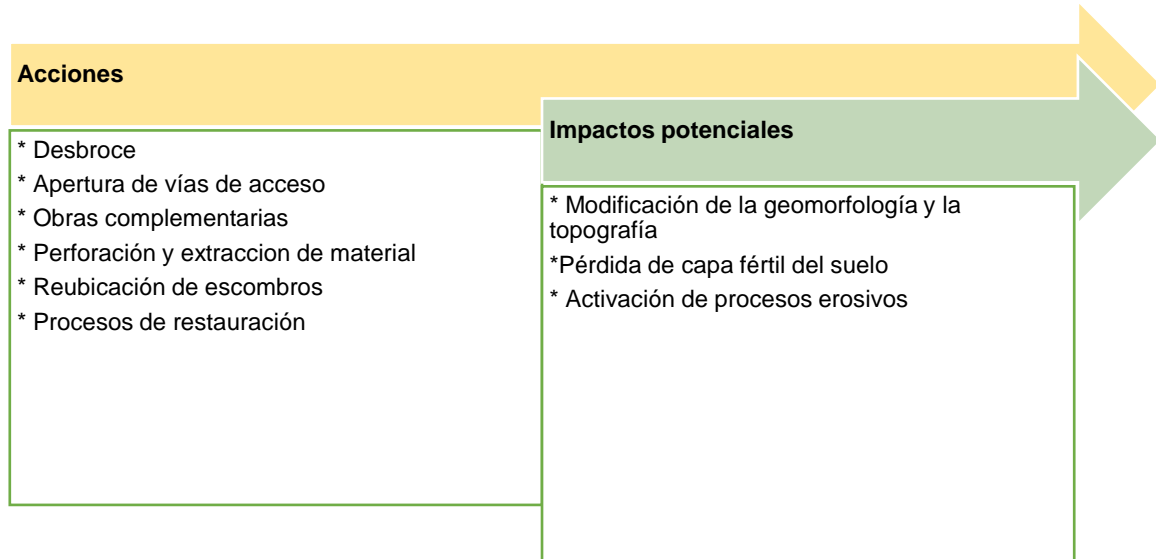
La actividad de extracción de minerales no metálicos tiende a tener efectos en los siguientes factores ambientales de acuerdo con EIA Technical Review Guideline: Non-Metal and Metal Mining, EPA (2011) que toman los siguientes componentes ambientales como parte primordial para identificar los efectos en el ambiente, ayudara a determinar cuál es la mejor forma de mitigarlos, también se incluyen subcategorías para especificar el efecto que tendría en el factor:

- Suelo (Potenciación de procesos de remoción en masa (derrumbe))
- Atmosfera
- Aguas superficiales (drenaje pluvial, quebradas, ríos)
- Flora y Fauna
- Condición socioeconómica
- Paisaje

Debido a cada sitio tiene características particulares este apartado es una propuesta que deja ver los principales impactos en el ambiente cuando se realiza la apertura de sitios de extracción de minerales no metálicos, para ello se han recabado los siguientes datos, que brindan sustento a la matriz final.

Componente suelo y sus impactos potenciales se presentan en la Figura 14:

Figura 14 Componente suelo y sus impactos potenciales



Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de explotación, el suelo es uno de los factores con más impactos potenciales, debido a que se requiere la remoción de este para realizar la explotación del material de interés que se encuentra debajo de él. La FAO (2021) define el suelo como resultado de la influencia del clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano) y tiempo sobre materiales parentales (rocas, y minerales), representa un espacio para el desarrollo de seres vivos y brinda servicios como regulador del suministro de agua, regulación del clima, además es considerado un recurso no renovable en escalas de tiempo humano, durante la extracción de materiales pétreos se corre el riesgo de perderse de manera total, sin embargo esto depende de la planeación, cuando esta no exista se puede originar la pérdida del suelo superficial incluyendo la capa fértil (Montes de Oca Risco, Ulloa Carcassés, & Silot Castañeda, 2018).

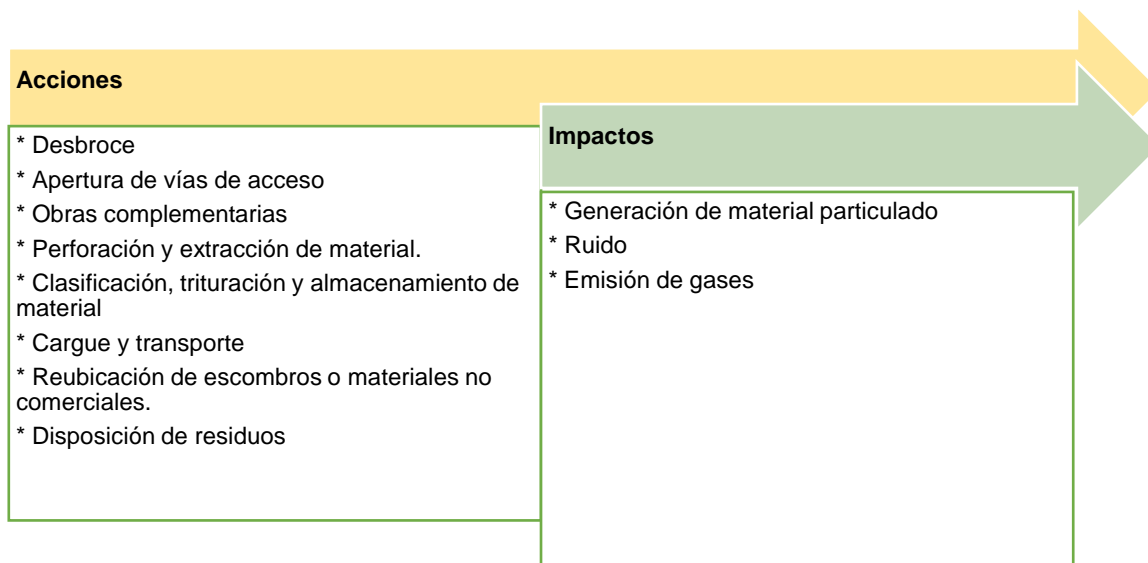
Actualmente, existen alternativas como el resguardo del suelo removido durante esta primera etapa, con el objetivo de usarlo durante el proceso de restauración,

estas alternativas contemplan el uso de un área estrictamente definida, procurando en la medida de lo posible un mínimo de movimiento de tierras, en el caso contrario el suelo fértil removido es aplicado y protegido para evitar el arrastre por escorrentía (UICN, 2009).

La modificación topografía y geomorfología del sitio de extracción es de carácter irreversible, con potencial para derivar en un incremento de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación, se considera un efecto son intensos y extensos, pues abarcan prácticamente la mayor parte del área, en otros casos pueden ser inmediatos, permanentes e irreversibles (Hernández-Jatib, Ulloa-Carcasés, Rosario Ferre, & Almaguer-Carmenate, 2014).

Componente aire y sus impactos potenciales se enlista en la Figura 15:

Figura 15 Componente aire y sus impactos potenciales



Fuente: Elaboración propia

Otro de los factores medioambientales potencialmente afectado es el componente aire, la mayoría de las acciones requieren el uso de maquinaria para agilizar las labores en cada acción del proyecto, lo que significa un aumento en las emisiones

de gases por el uso de combustibles además la inevitable generación de material particulado (UICN, 2009).

La SE (2015) identifica a este tipo de minería como “minería a cielo abierto o en tajo”, lo que indica que la mayoría de las actividades se realizan al aire libre y esto supone generación de material particulado, aunque este tipo materiales no requiere un procesamiento complejo si se requiere la trituración del material extraído para su comercialización, por lo que se debe considerar la generación constante de material particulado, situación que a tomar en cuenta para el salvaguardo de la salud de los trabajadores de los sitios de extracción ya que son quienes se encuentran mayormente expuestos como lo indica (L. Weeks, 2012).

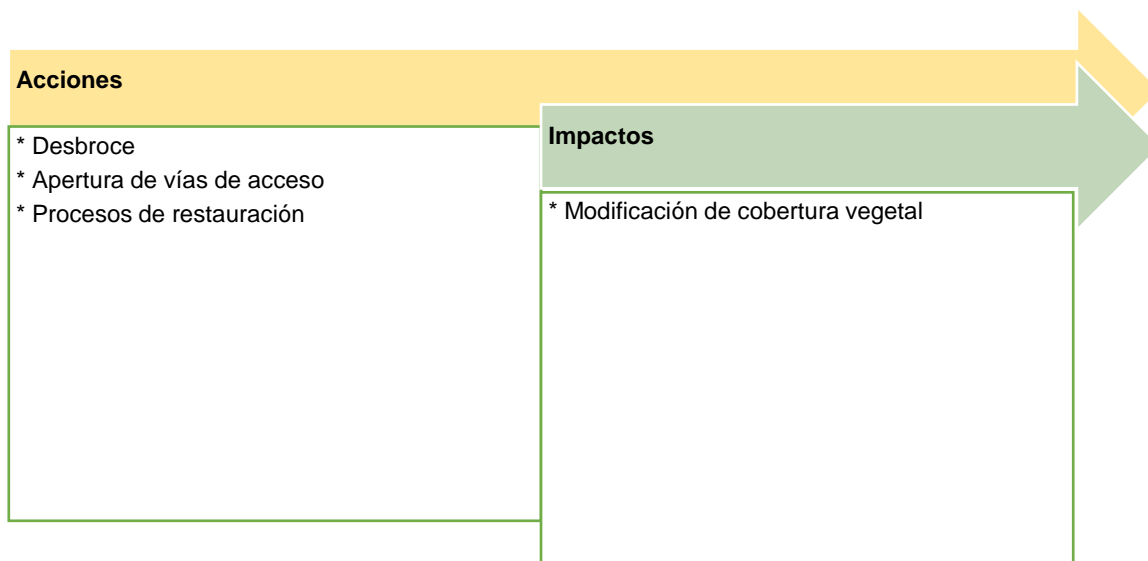
Existe también la opción de realizar “explotación en fosa”, donde el material particulado producido por la voladura queda sedimentado dentro de la propia explotación y difícilmente trasciende sus límites (Correa Arroyave, 2000).

En la minería el ruido está presente durante la mayoría del tiempo, debido al uso maquinaria, el constante transporte de materiales, claro esto en función de la demanda de materiales, sin embargo existen algunas alternativas que pudieran reducir el ruido como la construcción de barreras artificiales, o en caso de ser posible y el terreno lo permita el uso de vegetación como barrera que evitaría la propagación del ruido (Asociacion de Ingenieros de Minas, 2015).

Para ahorrar energía se puede optimizar el uso de maquinaria, desde la implementación de equipos de bajo consumo; en algunos casos, se puede sustituir la energía tradicional por otras renovables como la eólica, aunque esta opción es poco común, también se pueden otros hábitos durante las jornadas de explotación como el apagar los equipos y maquinarias cuando no se encuentren en uso. Respecto al uso de combustibles, se puede recurrir a la utilización de combustibles de alta eficiencia energética, aunado a esto el mantenimiento de la planta vehicular del sitio de explotación. Referente a la generación de material particulado en caminos y áreas específicas se puede recurrir a la aplicación de aditivos para limitar su propagación (Asociacion de Ingenieros de Minas, 2015).

Componente flora y sus impactos potenciales se enlistan en la Figura 16:

Figura 16 Componente flora y sus impactos potenciales



Fuente: Elaboración propia

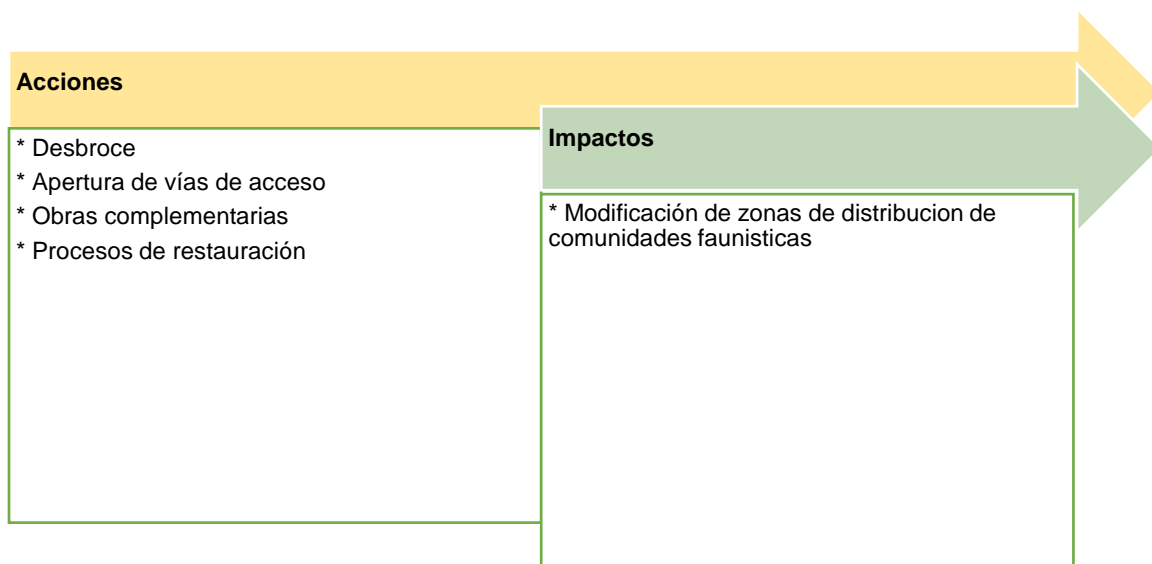
La vegetación es uno de los elementos más importantes asociada con servicios ambientales, los cuales se definen como *“los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas o biomas ponen a disposición de la sociedad de manera natural y, que pueden influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades”* así lo definen Reyes Avilés & Gutiérrez Chaparro (2010) e indican que la vegetación forma parte primordial de estos servicios, debido a que genera oxígeno esencial para la salud humana y disminuyen los niveles de dióxido de carbono (CO₂) que, aunque se encuentra de forma natural en la atmósfera, las actividades humanas aumentan los niveles de este gas, además de que los árboles también desempeñan un papel importante en la captura de carbono, ayudan al control de la estabilidad microclimática, sirven de barrera para evitar la propagación del ruido, así como el combate a la erosión.

Uno de los primeros pasos para iniciar el proceso de explotación es la limpieza y remoción de la capa vegetal superficial para delimitar las áreas de trabajo, la vegetación representa un importante componente que ayuda a que el suelo permanezca en su sitio al remover dicha capa vegetal el suelo queda al descubierto expuesto a los agentes climáticos como la lluvia o sequias, susceptible a agentes erosivos. La modificación este componente también puede derivar en efectos en otros componentes relacionados como es el caso de la fauna y el suelo (UICN, 2009).

De acuerdo con (Hernández-Jatib, Ulloa-Carcasés, Rosario Ferre, & Almaguer-Carmenate, 2014) la severidad de este efecto depende de la calidad de la vegetación existente en el sitio previamente.

Componente fauna y sus impactos potenciales se describe en la Figura 17:

Figura 17 Componente fauna y sus impactos potenciales



Fuente: Elaboración propia

La flora tiene una estrecha relación con la fauna, es el medio donde se desarrolla, esta sirve de abrigo y abastecimiento de alimento para la fauna (Reyes Avilés & Gutiérrez Chaparro, 2010). Algunas de las funciones de la fauna dentro del medio

ambiente son, ser dispersoras de semillas, polinizadores, descomponedores de materia orgánica, entre otros (Vargas Ríos, 2011).

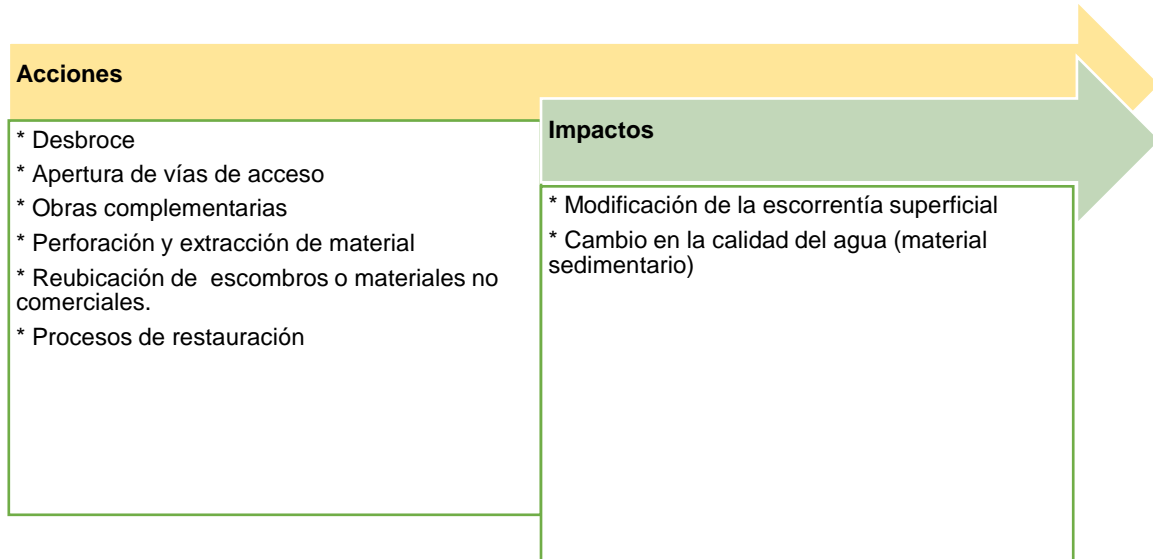
Debido a las acciones realizadas en la ejecución de proyectos de minería de minerales no metálicos se contempla el desplazamiento de especies faunísticas, además de que la actividad puede actuar como barrera e impedir la comunicación entre individuos de la misma especie e interferir con ciclos de reproducción y cadena trófica (UICN, 2009).

La realización de un estudio previo al comienzo de la explotación, respecto a la fauna del sitio de interés es importante para conocer qué tipo de fauna está presente, valor endémico y definir si la actividad produce una destrucción completa de los hábitats lo que podría llevar a una desaparición parcial de la fauna (Hernández-Jatib et al., 2014).

Una de las propuestas aplicables a este rubro son la prevención de la eliminación de flora y fauna al máximo posible, solo realizando actividades de explotación en sitios puntuales, para disminuir los efectos sobre la fauna local (UICN, 2009).

Componente agua y sus impactos potenciales, se ilustran en la Figura 18:

Figura 18 Componente agua y sus impactos potenciales

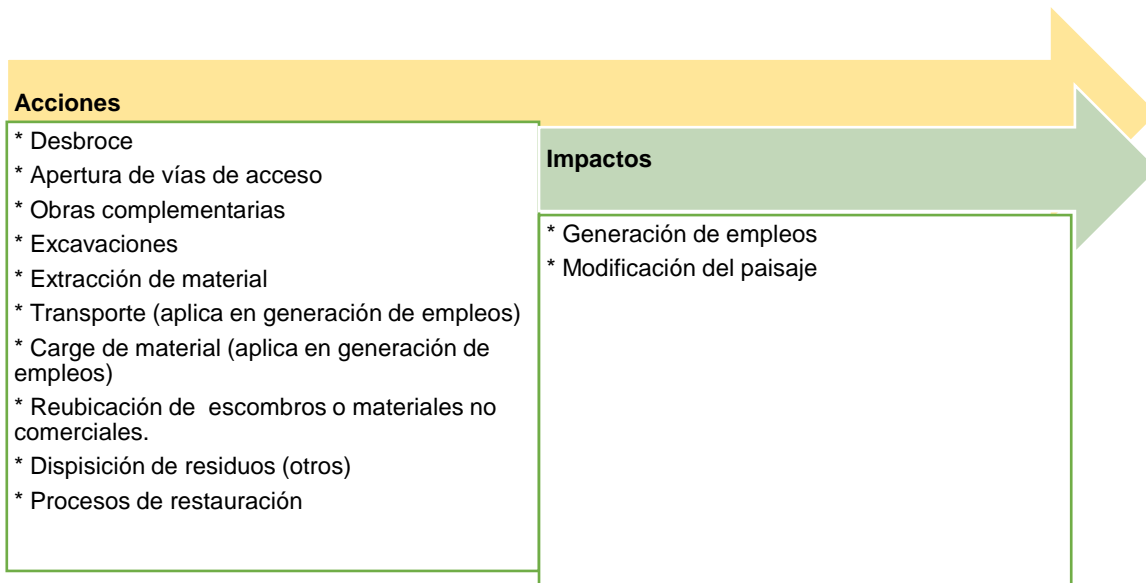


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Hernández-Jati. Et al. (2014), consideran que la actividad minera genera cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua, debido a la existencia de material sedimentario, así como también en la estructura del drenaje superficial este efecto se considera intenso y extenso e irreversible en la mayoría de los casos, derivado del cambio en las formas de la tierra por la extracción de material de interés a explotar. El impacto en el recurso hídrico es indirecto, si bien el recurso no se ocupa para el procesamiento de materiales, la modificación de la geomorfología deriva en el cambio de la escorrentía natural del sitio de cada proyecto.

Componente social e impactos potenciales: se muestran en la Figura 19.

Figura 19 Componente social e impactos potenciales



Fuente: Elaboración propia

El factor socioeconómico es uno de los más importantes debido a que al ser una actividad económica beneficia en emplear a la población durante la fase de explotación, así como también hay utilización de bienes y servicios durante el tiempo que dure la actividad, también se debe de considerar los riesgos de trabajo por desarrollo de labores en condiciones peligrosas o la exposición por tiempos prolongados a material particulado, que podría derivar en problemas de salud, por lo que la seguridad laboral también debe ser una prioridad. La contra parte es que la ejecución de este tipo proyectos en ocasiones se encuentra aledaña a viviendas locales lo que podría traer la molestia u oposición de la población debido a la presencia de ruido, vibraciones y emisión de material particulado (UICN, 2009).

La explotación de canteras a cielo abierto es una actividad que genera impacto visual en el entorno y modifican notablemente el paisaje (Correa Arroyave, 2000), además de que también se corre el riesgo de que se conviertan en sitios conflictivos,

o sitios de disposición de residuos irregular, esto siempre y cuando sean abandonados u operaren con irregularidades legales.

La siguiente matriz (Figura 20) presenta una propuesta de los principales impactos generado por la minería no metálica, con base en los componentes descritos anteriormente.

Figura 20 Propuesta de Matriz de identificación de impactos.

Factores / Acciones			Etapas del proyecto										
			Inicio			Explotación			Cierre y restauración				
			Actividades de exploración	Desbroce	Apertura de vías de acceso	Obras complementarias	Perforación y extracción de material	Clasificación, trituración y almacenamiento de material	Cargue y transporte	Reubicación de escombros o materiales no comerciales.	Disposición de residuos (otros)	Procesos de restauración	
Abióticos	Suelo	Modificación de la geomorfología y la topografía.			X	X	X			X		X	
		Pérdida de capa fértil del suelo.		X	X							X	
		Activación de procesos erosivos		X	X								
	Atmósfera	Generación de material particulado		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Ruido		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Emisión de gases		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Agua	Modificación de la escorrentía superficial		X	X	X	X				X		X
Cambio en la calidad del agua (material sedimentario)			X	X		X							
Bióticos	Flora	Modificación de cobertura vegetal		X	X							X	
	Fauna	Modificación de zonas de distribución de comunidades faunísticas		X	X	X						X	
Social	Económico	Generación de empleos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Paisaje	Modificación del paisaje		X	X	X	X			X	X	X	

Fuente: Elaboración propia y (EPA, 2011), (UICN, 2009)

Dentro del trabajo de campo se tomaron las siguientes fotografías (Ver Figuras 21 y 22).

Figura 21 Minas en Santo Tomas Apipilhuasco, Tepetlaoxtoc



La modificación del paisaje es evidente, así como también se puede dimensionar que los metros cúbicos de material son difíciles de cuantificar debido a que los datos oficiales contemplan solo a las minas que poseen permisos de explotación, sin contemplar a las que operan de manera irregular.

Figura 22 Minas en Santo Tomas Apipilhuasco, Tepetlaoxtoc



Discusión

Durante el estudio se localizaron los sitios de explotación de minerales no metálicos del periodo 2014 – 2019 en el municipio de Tepetlaoxtoc, años en los cuales se desarrollaba el proyecto NAICM, se tomaron en cuenta aquellas minas que eran explotadas previamente. Se observó una tendencia al alza durante las primeras etapas de construcción en la zona del antiguo lago de Texcoco, el número de sitios de extracción se duplicó durante el periodo de estudio, además también aumentó en el valor económico y número de personas empleadas. Sin embargo, no se conoce con exactitud el número exacto de empleos directos e indirecto generados y las características en las cuales laboran, si cuentan con prestaciones o son informales. Aunque Tepetlaoxtoc no era un municipio necesariamente dedicado a

la actividad comenzó a perfilar como uno de los principales ofertantes de materiales para la creciente demanda de Tezontle y Basalto durante la cimentación del NAICM. La cancelación del proyecto a inicios de la administración federal en curso generó un descenso en la demanda de minerales no metálicos, minas aledañas trabajaban apenas a un 25% de su capacidad en el 2018, además el presidente de la Cámara de la Industria Arenera en la región de la Ciudad de México y el Estado de México, Vicente Barranco Tovar indico que *“habría una consecuencia muy grave, pues 480 hectáreas autorizadas para explotación de materiales por gobierno del estado se quedarían muertas, lo más prudente para no afectar el ambiente es que lo que ya tenemos autorizado se siga trabajando y se continúe extrayendo material”* (Valenzuela, 2018). Aún con el proyecto cancelado, la extracción de materiales pétreos en los últimos años se ha consolidado también como una oportunidad laborar para los habitantes del municipio y una fuente de ingresos, considerando que el municipio se caracteriza por dedicarse mayormente a actividades relacionadas con bienes y servicios mientras que una mínima parte aún continúa en actividades primarias. Por tanto existe la posibilidad de que estas actividades no sean tan redituables como la minería y la población puede verse obligada a vender tierras o realizar extracción ilegal, por lo que no están lejos de terminar los efectos ambientales en el municipio ni tampoco la vulnerabilidad que pudieran presentar sitios irregulares de extracción en caso de abandono, ya que no existe un plan de restauración.

El porcentaje del total del territorio destinado a la minería no metálica en el municipio de Tepetlaoxtoc en el año 2014 era de 0.55% para el 2019 ya representaba el 1.63%, el cambio a uso del suelo minero afectó principalmente a los matorrales y pastizales, suelo agrícola, bosque e incluso suelos sin vegetación. Sin embargo, esta investigación solo abarca extensión en hectáreas lineales, en términos de volumen se obtuvieron datos oficiales por parte del gobierno del Estado de México, los cuales no contemplan aquellos metros cúbicos extraídos por minas irregulares, por lo que el volumen debe ser mayor al reportado.

En términos de legislación se deja ver la falta de comunicación entre los diferentes órdenes de gobierno prueba de ello es que en el municipio al realizar la visita de campo, personal de H. Ayuntamiento desconocía el número de minas en el municipio o tener un registro de cada una de ellas, además de que la población indicó que el municipio no estaba familiarizado con la minería, sus actividades estaban encaminadas a laborar fuera del municipio o agricultura.

La Norma Técnica Estatal Ambiental NTA-002-SMA-DS-2009 pide respetar los límites con terrenos colindantes y el derecho de vía dejando libre de explotación una franja de amortiguamiento de por lo menos 20 metros del límite del derecho de vía o del límite con los terrenos vecinos, o mayor según fueran las características del material. Además, en caso de que existan minas cercanas a zonas de asentamientos humanos, el titular deberá garantizar a través de obras de ingeniería, la estabilidad de los taludes existentes y la no afectación de las construcciones vecinas, en el caso de la mina en la que se realizó trabajo de campo se cumple este requisito; sin embargo, hay otros casos en el municipio en los cuales sigue este lineamiento. Finalmente se solicita construir una barrera física en los frentes y partes laterales con materiales propios de la mina conforme ésta avanza, a efecto de prevenir el aproximarse al voladero o frente de explotación, evitar que se depositen residuos sólidos urbanos de forma clandestina y reducir el riesgo de accidentes, además de que reducen las probabilidades de que la población se encuentre expuesta a material particulado por tanto, el riesgo de contraer algún tipo de enfermedad respiratoria, como resultado de una exposición crónica (es decir más allá de 3 meses consecutivos) (ATSDR, 2019) a materiales silíceos ya que, dentro de los impactos indirectos, habitantes contiguos a estas minas manifestaron daños en su salud los cuales atribuyen a los camiones que transportaban tezontle, las partículas del material ingresaba a las viviendas tornándose de color rojizo, un polvo muy fino así descrito por Alejandro Islas, poblador de Tepetlaoxtoc quien dio esta declaración al Universal Carabaña (2019), indico que su familiar tuvo que recibir tratamiento médico en la Ciudad de México, atribuyendo a la actividad minera afectaciones en cosechas y la economía familiar, otros habitantes manifestaron su inconformidad referente a la apertura y explotación de sitios de extracción,

específicamente las minas “Las Cuevas” y “La Cueva” que comparten el mismo cerro. “Las Cuevas” fue autorizada a el 19 de diciembre de 2016 y “La Cueva” el 3 de abril de 2018, ambas minas fueron operadas antes de tener los papeles en regla con la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México durante el año 2017, durante la explotación de ambas minas irrumpieron con parte de un yacimiento arqueológico protegido por un dictamen por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) desde el 18 de agosto de 2016 (Carabaña, 2019), lo cual va en contra de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTA-002-SMA-DS-2009 SMA (2009), que prohíbe la exploración y explotación de minas ubicadas dentro de zonas arqueológicas y su área de influencia, así que estas actividades fueron realizadas fuera del marco legal regulatorio, situación que pone en duda la falta de regulación o un departamento que dé seguimiento, o simplemente la falta de rigidez de las leyes que regulan la actividad.

Pobladores también atribuyen a la minería no metálica el aumento en la inseguridad y la delincuencia, además de haber causado conflictos entre vecinos de la zona Carabaña (2019) durante la visita de campo indicaron que se habían abierto nuevos caminos que daban acceso a las comunidades. Por otro lado, no se define claramente que entidad se encargará de supervisar al final los procesos de restauración o de evitar el abandono de la actividad, y que se queden sin cumplir las medidas de mitigación, ya que posterior a la cancelación del proyecto NAICM en Texcoco, algunas de las minas fueron abandonadas, quedando aún más vulnerables aquellas minas no reguladas ya que por ende no existe posibilidad de que se realicen obras de mitigación, aunque también algunos de los pobladores asumen que es casi imposible que las empresas cumplan con sus planes de mitigación o medidas de compensación a las que están obligadas según sus permisos. Por lo que dichos sitios representan zonas críticas con potencial para convertirse en depósitos de residuos sólidos, sin manejo por parte de una entidad que vigile el cumplimiento de normas ambientales, es decir que se convierta en un problema a largo plazo, por los diferentes tipos de residuos que puedan quedar almacenados, llegando a causar otros problemas ambientales, como la contaminación del suelo, agua, aire, etc. Como ha pasado en otros sitios del estado

como Calimaya, donde la minería ha generado problemas de erosión, contaminación debido a que sitios de extracción se convirtieron en tiraderos de residuos a cielo abierto, afectado el suelo y agua.

Los impactos de la actividad son visibles, sin embargo, pueden manifestarse otros efectos a largo plazo en estas zonas y podrían derivar en otros efectos indirectos en el medio ambiente y la sociedad, algunas de las personas que aseguran esto son la Dra. María de los Ángeles Valdés, quien indico que en un futuro se podría ver interrumpida la recarga de acuíferos a los alrededores de los sitios de extracción de pétreos, y por otro lado David Delgado, profesor de Agroecología en la Universidad de Chapingo destaca que dentro de los impactos que ha dejado la obra es la pérdida de vegetación, así como la contaminación del aire por los gases emitidos por la maquinaria y el traslado de los materiales y las partículas generadas durante la extracción, ambos proporcionaron estos datos para el universal durante la investigación de (Carabaña, 2019).

Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones

La minería de minerales no metálicos va más allá de ser una actividad económica que modifica espacios físicos, involucra también condiciones económicas y sociales, este caso es particular, resultado de la influencia de un megaproyecto de interés económico, tanto por particulares como por instituciones gubernamentales, que promueve el cambio de uso del suelo, no solamente de manera puntual.

Cumpliendo con el objetivo de la investigación, los resultados permiten observar la extensión destinada a la minería no metálica al año 2019 con 292 ha y aunque el área total representa el 1.63% del total del territorio en comparación con otros usos, lo que puede significar la minimización de los efectos que esta actividad ha tenido en el municipio, es un hecho que el proyecto NAICM influyó en el cambio de uso del suelo, modificando principalmente el suelo perteneciente a matorral y pastizal, algunas áreas agrícolas, bosque y zonas donde existía suelo desnudo, dichos cambios no solo se traducen en pérdida territorial sino en la disminución de servicios ambientales que ofrece cada cobertura, resaltando el valor de los bosques como almacenes de carbono y producción de oxígeno, además de modificación en la escorrentía superficial ya que es inevitable la modificación de la morfología, la caracterización de los componentes biofísicos del municipio indica que su geología permite el desarrollo de esta actividad debido a mayoría de su territorio está conformado por rocas ígneas extrusivas, aunado a lo anterior; las actividades económicas dentro del municipio no estaban orientadas específicamente a la extracción de minerales no metálicos en cambio sí a actividades de bienes y servicios, por lo que gran parte de la población decide salir a laborar fuera del municipio por la carencia de fuentes de empleo. Durante la apertura de sitios de extracción de pétreos en las cuales el NAICM demandaba material principalmente tezontle y basalto, el número de personas empleadas en dicha actividad aumento, pero también algunos desacuerdos por parte de la población la cual manifestó irregularidades en permisos de extracción, apertura de sitios irregulares, incluso algunos atribuyeron problemas de salud debido al material particulado que provenía

de las minas y aumento en la inseguridad por la existencia nuevos caminos y accesos.

La cancelación del proyecto además de mermar la demanda de materiales también aumentó la posibilidad de abandono de minas de carácter ilegal que al no estar comprometidas a restaurar el sitio podrían generar problemas a futuro convirtiéndose en tiraderos a cielo abierto o sitios inseguros.

La matriz de impacto muestra que los factores ambientales mayormente afectados durante la actividad minera son el suelo el cual contempla la remoción de capas fértiles y la modificación de la morfología, emisiones continuas a la atmosfera resultado del uso de maquinaria, transporte y material particulado durante la extracción, modificación de la flora y distribución de la fauna, el paisaje, la escorrentía superficial y aspectos socioeconómicos; aunque esta propuesta también presenta limitaciones debido a que solo está basada en bibliografía y visita de campo es decir no aplica para todas las minas, ejemplo de ello es que no se incluye el factor “salud” como podría ser el caso de la mina la “La cueva” y “Las cuevas”, donde habitantes atribuyeron problemas en su salud al material particulado proveniente de los sitios de extracción. Sin embargo, la matriz de impacto es una buena base para centrar los esfuerzos en la minimización o mitigación de impactos ambientales debido a que se conocen mejor los factores mayormente modificados y que requieren atención de restauración y de monitoreo, cuando en el mejor de los casos se encuentran bajo resguardo de algún promovente quien tiene la obligación de llevar a cabo esta última etapa, lo cual no aplica en sitios donde la extracción de material se hace de manera ilegal.

A partir del análisis realizado, existen posibilidades de poder mejorar la gestión de los recursos naturales por parte de autoridades competentes debido a que se dejan ver los puntos que han creado conflicto como la falta de comunicación entre órdenes de gobierno, la claridad de los actores relacionados con la actividad, la falta de rigidez en la aplicación de instrumentos legislativos, y comunicación entre promoventes y la población en general, sobre todo aquellos habitantes aledaños a

los sitios de extracción, para poder minimizar los efectos potenciales que una actividad económica conlleva tanto en términos ambientales como sociales.

Recomendaciones

A continuación se presentan recomendaciones sugeridas producto de la investigación.

De acuerdo con Saade Hazin (2013) es común que la actividad minera está acompañada de costos ambientales y sociales, a menudo se presentan dos tipos principales de conflictos, entre compañías mineras y los niveles de gobiernos, para prevenir las problemáticas actuales no solamente en el municipio de Tepetlaoxtoc, sino también en otros municipios donde se lleva a cabo esta actividad se presentan las siguientes recomendaciones:

- Llevar a cabo procesos de consulta previa e informada de proyectos mineros, donde se den a conocer aquellas actividades que se llevaran a cabo durante los procesos de extracción, así como sus principales impactos, considerar las demandas de la población para llegar a acuerdos que beneficien ambas partes. Permitir la participación social, además de contar con expertos que puedan brindar información completa a la población en caso de presentarse desconocimiento, ofrecer alternativas que beneficien ambas partes, indicar beneficios e impactos.
- Durante el proceso de extracción de la minería no metálica, se debe considerar la mejora continua previa y durante el tiempo operan los proyectos, evitar la existencia de vacíos en el marco institucional así como en la gestión política para tratarlos, es importante que se incluya el ámbito social para una correcta comunicación, entre órdenes de gobierno, federal, estatal, municipal y con promoventes de proyectos mineros, responsabilidades, comentarios de mejora.
- Orientar los objetivos de restauración a las características del lugar considerando el previo uso de suelo. El suelo es uno de los recursos más impactados durante el periodo de extracción, por lo que se recomienda

contemplar el acopio, conservación y reutilización del suelo fértil retirado durante la etapa de inicio de la actividad, con la intención de que ayuden durante esta etapa y faciliten la implantación de vegetación. También considerar el uso de materiales estériles que ayuden a rellenar y modelar los huecos, para intentar convertir los sitios en parajes más naturales (ITGE, 1996). Considerar la maximización del uso de energías, correcto mantenimiento de maquinaria utilizada, minimización de generación de material particulado.

- Seguimientos que permitan conocer el estado de cada sitio de extracción, así como también el cumplimiento del marco regulatorio. PROFEQA y PROPAEM realizan actos de inspección, sin embargo durante la investigación se evidencia la falta de comunicación entre autoridades estatales y locales, por lo que ambos deberían tener conocimiento del estado de las minas tanto legales como de aquellos sitios no regulados. Control sobre las minas de carácter ilegal y su pronta identificación podría prevenir impactos ambientales a largo plazo y que sean susceptibles a convertirse en sitios de disposición de residuos a cielo abierto, lo cual podría implicar impactos a otros componentes ambientales como agua, suelo, aire, por mencionar algunos.
- Con base en la información recopilada, habitantes atribuyen afectaciones a la salud por el material particulado emitido por sitios de extracción, por lo que incluir un apartado referente a salud durante la manifestación de impacto ambiental debería figurar en dicho documento. El proceso de retroalimentación es importante en los documentos de impacto ambiental, cada sitio de extracción tiene características diferentes no solo ambientales, sino sociales, los éxitos pueden servir de referente para poder tener diferentes opciones durante la explotación como al final de esta, los fracasos ayudan también a no repetir los mismos errores posteriormente.
- Actualización de instrumentos normativos, cubrir los vacíos que existen sobre las restricciones que tiene la actividad, no se menciona un punto específico sobre permitir la ubicación de sitios de extracción en zonas aledaño a viviendas o áreas urbanas ya sea con alguna franja de amortiguamiento, lo cual si se

menciona solo para terrenos colindantes, pero no hay un punto que tenga en cuenta posibles afectaciones en la salud de la población.

- Contar con bases de datos que ayuden a mitigar los vacíos de información de cada municipio, en los diferentes órdenes de gobierno, la administración de datos ayuda a ubicar los puntos de atención inmediata y permitir su gestión de manera oportuna.

Referencias

- A. Hethmon, T., & B. Dotson, K. (2012). Minas a cielo abierto. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, 20-24.
- Aguirre Gómez, R. (2009). *Conceptos de Geomática y estudios de caso en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Geografía.
- Asociación de Ingenieros de Minas, M. y. (2015). Los minerales y la minería. *Mi México es minero*, 24-25.
- ATSDR. (2019). Recuperado el 29 de junio de 2021, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/2/es_lecturenotes.html
- Benedetti, J. (2013). Minería Responsable. *Planeta Minero*.
- Bocco, G., & Mendoza, M. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 18-38.
- Carabaña, C. (23 de septiembre de 2019). Obtenido de <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/minas-para-construir-nuevo-aeropuerto-eran-ilegales>
- Challenger, A., & Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En *Capital Natural* (págs. 45-48). México: CONABIO.
- Chuvieco, E. (2000). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: RIALP.
- Coria, I. D. (junio de 2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 125-135.
- Correa Arroyave, A. (2000). Situación Actual de la Explotación de Canteras en El Distrito Capital. *Revista Ingeniería e Investigación*, 45-55.
- Craig, J. R. (2007). Materiales de construcción y otros minerales industriales. En J. R. Craig, *Recursos de la tierra: origen, uso e impacto ambiental* (pág. 378). Madrid: Pearson/Prentice Hall.

- Cuevas, M., Garrido, A., Pérez Damián, J., & Uira González, D. (2010). Procesos de cambio de uso de suelo y degradación de la vegetación natural. En *LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE MÉXICO* (pág. 96). México.
- Díaz Orueta, F. (2009). El impacto de los megaproyectos en las ciudades españolas. Hacia una agenda de investigación. *Estudios Demográfico y Urbanos*, 194.
- DOF. (28 de noviembre de 2016). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 22 de noviembre de 2018, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5462755&fecha=28/11/2016
- DOF. (2019). Recuperado el 27 de octubre de 2019, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
- Domínguez Virgen, C. (2014). El equilibrio frágil de los megaproyectos. *BiCentenario. El ayer y hoy de México*, 52-57.
- Domínguez Virgen, J. (2011). Megaproyectos, infraestructura y los límites de la democracia delegativa. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 33-62.
- Enrique Sánchez, L. (2010). Evaluación de impacto ambiental: conceptos y métodos. Sao Paulo: Oficina de Textos.
- EPA. (2011). Recuperado el 20 de agosto de 2021, de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-04/documents/miningvol1.pdf>
- Esquivel, D. (2013). Minería y Medio Ambiente. *Plantea Minero*, 37-39.
- FAO. (2021). Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/land/httpwwwfaoorgsoils-portal/en/>
- FAO. (2021). Obtenido de [fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en/](http://www.fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en/)
- Fernández Nuñez, M., & Prados Velasco, M. (2010). Cambios en las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Guadalfeo (1975-1999). *GeoFocus*, 158-184.

- GACM. (2015). Obtenido de www.aeropuerto.gob.mx/documentos/plan-de-restauracion-ecologica-naicm1.pdf.
- García, A. (27 de Julio de 2016). Minas en Tepetlaoxtoc trabajan en completa irregularidad; afectan zona arqueológica de la mina el Techachal. *Supremo*, págs. <http://periodicosupremo.com.mx/2016/07/27/minas-tepetlaoxtoc-trabajan-completa-irregularidad-afectan-zona-arqueologica-la-mina-techachal/>.
- Hernández-Jatib, N., Ulloa-Carcasés, M., Rosario Ferre, Y., & Almaguer-Carmenate, Y. (2014). Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba. *Luna Azul*, 146-158.
- IFOMEGEM. (2019). *Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México*. Recuperado el 25 de septiembre de 2019, de https://ifomegem.edomex.gob.mx/industria_localidades
- IFOMEGEM. (2017). *Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México*. Recuperado el 22 de agosto de 2018, de <http://ifomegem.edomex.gob.mx/sites/ifomegem.edomex.gob.mx/files/files/Inf%20Geologico%20Minera/LA%20INDUSTRIA%20MINERA%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20M%C3%89XICO%202017%20uv.pdf>
- IGECEM. (2021). *Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México*. Recuperado el 25 de May de 2021, de https://igecem.edomex.gob.mx/indole_social
- INEGI. (1981). Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220594/702825220594_2.pdf

- INEGI. (2005). Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15093.pdf
- INEGI. (2009). Recuperado el 23 de octubre de 2019, de inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15093.pdf
- INEGI. (2015). Recuperado el 28 de agosto de 2021, de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/guia_usv/702825294038.pdf
- INEGI. (2017). Recuperado el 21 de agosto de 2021, de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825096236.pdf
- INEGI. (diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- ITGE. (1996). *Manual de restauración de terreno y evaluación de impactos ambientales en minería*. Madrid: ITGE.
- Jiménez-Moreno, M., González-Guillen, M., Escalona-Maurice, M., & Valdez-Lazalde, J. (2011). Comparación de métodos espaciales para detectar cambios en el uso del suelo urbano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 389-406.
- L. Weeks, J. (2012). Peligros para la salud en la minería y las canteras. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*, 58-59.
- Lad, R., & Samant, J. (2014). Environmental and social impacts of stone quarrying- a case of study of Kolhapur District. *International Journal of Current Research*, 5664- 5669.
- López Vázquez, V., Balderas Plata, M., Chávez Mejía, M., Juan Pérez, J., & Gutiérrez Cedillo, J. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones

socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA ergo-sum*, 137.

Milenio. (13 de agosto de 2017). *Milenio*. Obtenido de

<https://www.milenio.com/estados/naicm-arrasa-con-cerros-y-minas-de-tepetlaoxtoc>

Monreal Saavedra, R., & Hernández Rábago, P. (2015). Mundo Minero. *Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.*, 11-12.

Montes de Oca Risco, A., Ulloa Carcassés, M., & Silot Castañeda, A. (2018). Recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos utilizando sistemas de información geográficos. *Revista Geográfica Venezolana*, 314-331.

Morales, Z. (2013). Minería de agregados pétreos: factor imprescindible para el desarrollo humano. *Planeta Minero*, 8-14.

OCDE. (2015). Recuperado el noviembre de 2019, de

<https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/NAICM%20e-Book.pdf>

OCDE. (2018). OCDE. Obtenido de <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/brochure-land-cover-change.pdf>

Pérez-Miranda, R., Valdez Lazalde, J. R., Moreno Sánchez, F., González Hernández, A., & Valdez Hernández, J. I. (2011). Predicción espacial de cambios del uso de suelo en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 59-72.

Picone, N., & Linares, S. (2014). Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 77-96.

Pineda Jaimes, N., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante

sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 34.

Ponce Lira, B., Ortiz Polo, A., Otazo Sánchez, E., Reguera Ruiz, E., Acevedo Sandoval, O., Prieto García, F., & González Ramírez, C. (2013). Physical characterization of an extensive volcanic rock in México: “red tezontle” from Cerro de la Cruz, in Tlahuelilpan, Hidalgo. *Acta Universitaria*, 9-10.

Poo Rubio, A. (2003). El sector de la construcción en México. *CYAD*, 121-122.

PROFEPA. (2019). Recuperado el 29 de noviembre de 2019, de <https://www.gob.mx/profepa/articulos/manifestacion-de-impacto-ambiental-mia>

Ramírez, R. (2017). Recuperado el 23 de Julio de 2021, de <http://132.248.9.195/ptd2017/mayo/0759699/0759699.pdf>

Reyes Avilés, I., & Gutiérrez Chaparro, J. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Quivera*, 96-102.

Rodríguez Morales, L. (2011). La práctica constructiva en la ciudad de México. El caso del tezontle, siglos XVIII-XIX. *Boletín de Monumentos Históricos*, 157-170.

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Ecosistemas*, 117-123.

S. Jennings, N. (2001). Visión general de la minería. En J. Mager, & Stellman, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (pág. 74.2). Madrid: Chantal Dufresne, BA.

Saade Hazin, M. (2013). *Desarrollo minero y conflictos socioambientales*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- SCT. (26 de abril de 2019). Recuperado el 18 de agosto de 2019, de <https://www.gob.mx/sct/articulos/razones-para-la-cancelacion-del-proyecto-del-nuevo-aeropuerto-en-texcoco>
- SCT, & AMF. (2016). Obtenido de <http://amf.org.mx/pdfs/apoyoNAICM.pdf>
- SE. (2015). Recuperado el 27 de septiembre de 2018, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/51927/cp_materiales_petros.pdf
- SE. (4 de septiembre de 2020). Obtenido de https://www.economia.gob.mx/files/gobmx/mineria/manual_del_inversionista.pdf
- SEDUO. (2019). Recuperado el 4 de abril de 2021, de https://seduo.edomex.gob.mx/sites/seduo.edomex.gob.mx/files/files/PEDU_Extenso_18Dic2019GACETA.pdf
- SEMARNAT. (2002). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT. (2015). <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap2.html>. Recuperado el 2021, de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap2.html>
- SGM. (2019). *Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana*. México, DF: Servicio Geológico Mexicano. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/productos/Anuarios-historicos.html>
- SMA. (2006). Recuperado el 2020 de octubre de 2020, de <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2006/dic193.pdf>

- SMA. (2006). Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/rgl/vig/rglvig109.pdf>
- SMA. (2009). Recuperado el 23 de octubre de 2020, de <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2010/nov121.PDF>
- SMIG. (2015). La ingeniería mexicana, con experiencia sustentada para enfrentar el proyecto NAICM. *Revista Geotecnia*, 3-7. Obtenido de <https://www.smig.org.mx/archivos/revista-trimestral-smig/revista-geotecnia-smig-numero-238.pdf>
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra*. (P. E. A, Ed.) Madrid, España: Pearson. Recuperado el 18 de noviembre de 2018
- Tepetlaoxtoc, H. A. (2005). Obtenido de <http://seduym.edomex.gob.mx/tepetlaoxtoc>
- Tepetlaoxtoc, H. A. (2018). Recuperado el 21 de octubre de 2020, de <http://tepetlaoxtoc.gob.mx/page?P=262>
- Tepetlaoxtoc, H. C. (marzo de 2016). Plan de Desarrollo Municipal de Tepetlaoxtoc 2016-2018. Estado de México, México.
- Trucíos-Caciano, R., Estrada-Ávalos, J., Cerano-Paredes, J., & Rivera-González, M. (2011). Dinámica del cambio de uso de suelo en el norte de León, Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 127-137.
- Trucíos-Caciano, R., Rivera-González, M., Delgado-Ramírez, G., Estrada-Ávalos, J., & Cerano-Paredes, J. (2013). Análisis del cambio de uso de suelo en San Cristóbal de las Casas. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 45-50.
- UICN. (2009). Recuperado el 28 de agosto de 2021, de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-131.pdf>
- UM. (2018). *Universidad de Murcia*. Obtenido de https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_10.pdf

- Universidad Veracruzana. (2018). *Coordinación Universitaria de Observatorios (CUO)*. Recuperado el 22 de noviembre de 2018, de <https://www.uv.mx/cuo/repositorio-informacion/imagenes-de-satelite/spot/>
- USGS. (18 de octubre de 2018). *United States Geological Survey*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de <https://landsat.usgs.gov/landsat-missions-timeline>
- Valenzuela, C. (11 de diciembre de 2018). Disminuyen producción minas que surten de material al aeropuerto de Texcoco. *El sol de Toluca*.
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 221-246.
- Velázquez, A., Siebe, C., & Bocco, G. (2014). Cambio de uso del suelo. *Red Temática de CONACYT sobre Medio Ambiente y Sustentabilidad*, 1-6.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz Gallegos, J. R., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., . . . Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 21-37.
- Vilchis, S. (junio de 2015). Recuperado el 21 de agosto de 2021, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/25496/UAEM-FAPUR-TESIS-VILCHIS%2c%20SUSANA.pdf?sequence=1>
- WHO. (2018). Recuperado el 10 de abril de 2021, de <https://www.who.int/bulletin/volumes/96/8/18-020818.pdf>