



# Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de El Oro 2011



Fecha: 20 de Diciembre 2011  
Número de obra: 115064PP079222  
Número de expediente: EO/PRAH/IR/01/2011  
Municipio de El Oro, Estado de México

  
SIGEMA SA de CV  
Ocotlán 47 2° piso, Col. Roma, Del. Cuauhtémoc,  
México DF, CP 06700. Tel. 015530613903  
Email: [sigema.info@gmail.com](mailto:sigema.info@gmail.com)



# ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción.....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Antecedentes .....	5
1.3 Objetivo .....	6
1.4 Alcances .....	6
1.5 Metodología General .....	7
1.6 Contenido del Atlas de Riesgo .....	8
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio.....	9
2.1 Determinación de la Zona de Estudio.....	9
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural .....	10
3.1 Fisiografía .....	10
3.2 Geología .....	12
3.3 Geomorfología .....	13
3.4 Edafología.....	15
3.5 Hidrología.....	17
3.6 Climatología.....	19
3.7 Uso de suelo y vegetación.....	21
3.8 Áreas naturales protegidas.....	23
3.9 Problemática ambiental .....	24
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.....	26
4.1 Elementos demográficos .....	26
4.1.1 Dinámica demográfica .....	26
4.1.2 Distribución de población .....	28
4.1.3 Mortalidad.....	28
4.1.4 Densidad de población.....	29
4.1.5 Discapacidad.....	29
4.2 Características sociales.....	30
4.3 Principales actividades económicas en la zona .....	33
4.4 Características de la población económicamente activa.....	34
4.5 Estructura urbana .....	35
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	37



5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico .....	40
5.1.1 Fallas y Fracturas.....	40
5.1.2 Sismos.....	43
5.1.3 Tsunamis o maremotos.....	52
5.1.4 Vulcanismo.....	52
5.1.5 Deslizamientos .....	56
5.1.6 Derrumbes.....	62
5.1.7 Flujos.....	68
5.1.8 Hundimientos .....	73
5.1.9 Erosión .....	75
5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	79
5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales) .....	79
5.2.2 Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias .....	80
5.2.3 Sequías .....	85
5.2.4 Temperaturas máximas extremas.....	86
5.2.5 Vientos Fuertes .....	89
5.2.6 Inundaciones.....	89
5.2.7 Masas de aire (heladas).....	93
5.3 Obras propuestas .....	95



# CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

## 1.1 Introducción

Los fenómenos naturales de carácter destructivo siempre han aparecido de forma recurrente, impredecible e inevitable. A lo largo de la historia, en todo el territorio de El Oro, los fenómenos naturales han provocado variaciones al paisaje y en algunos casos pérdidas económicas por daño a infraestructura. Sin embargo, en los últimos años, estos fenómenos aunados con procesos de expansión urbana y agrícola, han incrementado la magnitud de su devastación. De ahí la importancia de hacernos conscientes de que los ciclos naturales no son ajenos a los habitantes del municipio y que pueden ser perjudiciales si no existe un pleno conocimiento de su dinámica. Así mismo, cuando las personas se olvidan de las consecuencias que puede tener un fenómeno natural extremo y se exponen sin tomar precauciones dan como resultado graves pérdidas tanto materiales como humanas.

El Oro es un municipio que está expuesto a los desastres naturales por su ubicación geográfica y consecuente dinámica geológica y climática. De esta manera, a lo largo de la historia reciente se han presentado diversos peligros naturales como heladas, incendios forestales e inundaciones.

Por ello, en la agenda municipal de protección civil, la prevención de desastres ha tomado una gran relevancia, debido principalmente a la diversidad de fenómenos que pueden causar catástrofes en nuestro territorio. Así, se ha reconocido la importancia de establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos, y no sólo focalizar recursos para la atención de las emergencias y la reconstrucción. Esta estrategia debe lograr que la sociedad sea capaz de afrontar los peligros naturales asegurando al mismo tiempo que el desarrollo no incremente su vulnerabilidad y por ende el riesgo. Sólo así se podrá garantizar un municipio menos vulnerable y una población más preparada y segura.

Es por lo anterior que se debe de contar con un Atlas de Riesgos a fin de contar con instrumento de prevención, mitigación y respuesta más eficientes y precisas. Para ello es importante en primera instancia completar el diagnóstico de las zonas más susceptibles a padecer daños, es decir, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los pueblos de El Oro.

El reto que se estableció fue la integración de un sistema de información sobre el riesgo de desastres detallado a nivel municipal. La integración de este Atlas de Riesgos, demandó un esfuerzo coordinado de investigación, recopilación de datos, trabajo de campo, entre la Dirección Municipal de Protección Civil, contratistas privados, la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal, así como la población en general.

Es así que el Municipio de El Oro, ha dado un gran paso hacia una política responsable en materia de prevención de desastres, con la elaboración de su Atlas de Riesgos, una iniciativa del Ayuntamiento que cuenta con el apoyo del programa "Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos" de la Secretaría



de Desarrollo Social del Gobierno Federal. Mediante este documento, el Municipio tendrá la certeza de contar con un instrumento de identificación de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos que ayude a fortalecer la orientación de políticas públicas a fin de prevenir o mitigar los daños a la población, causados por fenómenos perturbadores de origen natural.

Los estudios realizados para integrar el presente documento se elaboraron de conformidad a las metodologías establecidas por la SEDESOL en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011”.

## 1.2 Antecedentes

En el municipio de El Oro, los peligros son mayormente por deslizamientos de ladera, ya que debido a la orografía del territorio, en varios sitios la inclinación del terreno oscila entre el 15% y más; estas laderas se encuentran dispersas en todo el territorio y presentan zonas deslavadas o de erosión fuerte, lo cual incrementa el peligro de deslizamiento y/o derrumbe.

Adicionalmente, en el territorio municipal existen dos fallas geológicas y fracturas que representan riesgos, ya que pueden generar posibles derrumbes y hundimientos en las construcciones que se localizan cerca de ellos. Las dos fallas se ubican al norte y centro de la cabecera municipal, específicamente en las colonias Benito Juárez, Aquiles Serdán, El Libramiento y El Carmen. Las fracturas se ubican en las localidades de Santiago Oxtempan, El Gigante, La Cima, Loma del Capulín, Pueblo Nuevo de los Ángeles, San Isidro, Magdalena Morelos, La Mesa, Yomejé, Tapaxco, La Concepción y San Nicolás El Oro; en algunos cerros como Songo, La Carbonera, Llorón y una pequeña porción en la parte noroeste, principalmente en La Nopalera, El Mogote, Agua Escondida, cerros El Manzano y El Polvillo.

Al ser El Oro un municipio con amplia tradición minera desde 1776, hay un número importante de tiros o galerías de acceso a las minas, los cuales pueden presentar derrumbes. Los tiros se concentran en la parte centro, sur y noroeste del centro de población, entre los que se encuentran: Tiro México Norte, Tiro Nolan, Tiro México, Tiro de la Chuparrosa, Tiro Ocotál, Tiro Nuevo Chihuahua, Tiro de la Aurora, Tiro la Esperanza, Tiro Norte El Oro, Tiro Somera, Tiro Hondo, Tiro 5, Tiro San Patricio, Tiro Providencia, Tiro Chihuahua, Tiro Consuelo, Tiro Sur No. 1, Tiro Sur No. 2, Tiro Santo Domingo, Tiro Arturo, Tiro El Carmen y Tiro de las Pléyades.

Como resultado de localizarse en el Eje Neovolcánico, en el municipio existe probabilidad relativamente alta de presentar actividad sísmica. Ante esto y ligado a los problemas de fracturas, tiros y laderas con altas pendientes, pueden presentarse hundimientos, deslizamientos, derrumbes o colapsos de suelo.

En cuestión de riesgos hidrometeorológicos, son comunes las heladas en los meses invernales, así como las tormentas eléctricas en verano. En la localidad de Estación Tultenango son comunes los encharcamientos e inundaciones en meses de lluvia.

En lo que se refiere a incendios forestales, de acuerdo a Protectora de Bosques del Gobierno del Estado de México, de enero a septiembre 2011, en el municipio se registraron 6 incendios que afectaron 27 hectáreas.



## 1.3 Objetivo

Diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y/o vulnerabilidad en el espacio geográfico del Municipio de El Oro.

## 1.4 Alcances

Se llevarán a cabo estudios técnicos y documentales del territorio del Municipio de El Oro para determinar las zonas de riesgo por fenómenos naturales y antropogénicos.

Con base a la identificación de peligros y/o vulnerabilidad, se hará la zonificación de los mismos por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para generar cartografía digital y mapas impresos, en la que se determinarán las Zonas de Riesgo (ZR) ante los diferentes tipos de fenómenos.

Una vez obtenida dicha cartografía se realizará un análisis completo de riesgos, señalando qué zonas son las más propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas, infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente qué obras o acciones se proponen para mitigar el riesgo.

El análisis delimitará las ZR, hará referencia a los mapas de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad e interpretará sus resultados, procurando hacer vinculaciones entre fenómenos perturbadores cuando estos se sobrepongan.

Los mapas finales representarán el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos naturales; en caso de no existir algún fenómeno en la zona, éste no se desarrollará, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se desarrolla.

Las propuestas de acciones y obras estarán enfocadas a la reducción y mitigación de riesgos; estarán basadas en la detección y localización de zonas de riesgo o peligro y serán ubicadas en la cartografía entregada.

Se entregarán Mapas de Zonas de Riesgo (ZR) por cada uno de los fenómenos de riesgo establecidos por la SEDESOL, con su respectivo texto descriptivo de las ZR para cada uno de los fenómenos, desarrollado a partir del análisis de todos los factores identificados.

El atlas permitirá:

1. Contar con un documento cartográfico y escrito que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
2. Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes.
3. Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.



## 1.5 Metodología General

Las bases teóricas y sistémicas para la elaboración del Atlas de Riesgos del Municipio de El Oro se derivan de lo establecido en la Guía para la Elaboración de Atlas de Riesgos y/o Peligros, la cual a su vez se conformó de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos.

En general, se procedió a realizar una recopilación e investigación documental de datos primarios, en las principales instituciones nacionales de información del territorio, tales como INEGI, CONAGUA, SMN, SGM, INE, CONABIO, u organismos equivalentes estatales y municipales, particularmente de las áreas de protección civil. Posteriormente los datos se procesaron en función de la guía metodológica de la SEDESOL, con base a los niveles aplicables de cada caso, zonificando las áreas de incidencia de los fenómenos, las áreas de vulnerabilidad, así como el grado de riesgo predominante. En cada apartado del capítulo 5 se precisan más datos sobre la metodología empleada para la detección de los diferentes fenómenos analizados, pero en la siguiente tabla se manejan los niveles usados de forma general.

Fenómeno	Nivel de Análisis	Escala usada
<b>Geológicos</b>		
Fallas y fracturas	1	1:10000
Sismos	3	1:60000
Vulcanismo	2	1:60000
Deslizamientos	1	1:10000
Derrumbes	1	1:10000
Flujos	1	1:10000
Hundimientos	1	1:60000
Erosión	1	1:10000
<b>Hidrometeorológicos</b>		
Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias	1	1:60000
Sequias	1	1:60000
Temperaturas máximas extremas	1	1:60000
Inundaciones	1	1:5000
Masas de aire (heladas)	1	1:60000

Tabla 1.1 Fenómenos estudiados, nivel de análisis y escalas empleadas.



## 1.6 Contenido del Atlas de Riesgo

El presente Atlas de Riesgos se conforma de seis capítulos, el primero que incluye la introducción, antecedentes, objetivos, alcances, metodología general y contenido. Es en general una breve descripción de la situación actual en la cual se encuentra el municipio en materia de prevención de desastres.

El capítulo dos hace referencia a la determinación de la zona de estudio, en este apartado se define en forma precisa la localización de la entidad, límites políticos y una descripción de los elementos de infraestructura urbana del municipio. También en esta sección se define el mapa topográfico base.

En el tercer capítulo se define la caracterización de los elementos de medio natural, atendiendo los siguientes temas: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo, áreas naturales protegidas y la problemática ambiental de la zona de estudio.

El cuarto capítulo integra la caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio, con indicadores básicos que revelan las condiciones generales en las que se encuentra el municipio.

En el quinto capítulo se desarrolla la identificación de riesgos, peligro y/o vulnerabilidad. Contiene cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando su periodicidad, área de ocurrencia y grado de impacto sobre los sistemas afectables. Esta sección contiene la cartografía de los fenómenos perturbadores, la cual señala las zonas propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente obras o acciones que se proponen para mitigar el riesgo. Los estudios llevados a cabo son de los siguientes temas:

1. Fenómenos Geológicos
  - a. Fallas y fracturas
  - b. Sismos
  - c. Vulcanismo
  - d. Deslizamientos
  - e. Derrumbes
  - f. Flujos
  - g. Hundimientos
  - h. Erosión
2. Fenómenos Hidrometeorológicos
  - a. Tormentas eléctricas
  - b. Sequías
  - c. Temperaturas máximas extremas
  - d. Vientos fuertes
  - e. Inundaciones
  - f. Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)
3. Obras propuestas

Por último el capítulo seis referente a los anexos contiene el glosario de términos, bibliografía, cartografía empleada con índice y breve descripción, así como el diccionario de los metadatos.



# CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

## 2.1 Determinación de la Zona de Estudio

La zona que abarca el presente estudio comprende los límites territoriales del Municipio de El Oro, el cual cuenta con 137.4 Km<sup>2</sup> de superficie total. Para fines de diagnóstico general de riesgos, se utilizará una escala 1:60,000; para una evaluación urbana, la escala será de 1:10,000; mientras que los estudios que requieran una escala local, es decir manzanas y calles, se analizarán a 1:5,000.

El Municipio de El Oro se localiza al noroeste del Estado de México, teniendo como coordenadas geográficas extremas 19°51'34"N, 100°08'49"W y 19°43'43"N, 99°58'54"W (ver mapa 2.1 en el anexo cartográfico)

Las principales accidentes geográficos en el municipio son: en la parte oriental, la Presa El Salto, Río El Salto, Cerro Pelón, Cerro La Presa, Cerro Yole, Río Tapaxco; al centro, Arroyo La Cuadrilla, Arroyo Santa Rosa, Cerro El Campanario, Presa Agua Caliente; al norte, Arroyo Tultenango; al poniente, Cerro Polvillo, Presa El Mortero, Presa Brockman; y al sur, Presa El Guarda.

La cabecera municipal, es decir El Oro de Hidalgo, se encuentra en el extremo poniente del municipio, es el área más poblada del municipio y concentra al 16.7% de todos los habitantes.

Los límites políticos son:

- I. Al norte colinda con el Municipio de Temascalcingo;
- II. Al sur colinda con los Municipios San Felipe del Progreso y San José del Rincón;
- III. Al este colinda con el Municipio de Jocotitlán; y
- IV. Al oeste colinda con los Municipios de Tlalpujahuá y Contepec (Michoacán).

En lo que se refiere a Infraestructura, las carreteras que permiten la comunicación directa con la región circundante en la que se encuentra inserto el municipio, son: El Oro-Atzacomulco, El Oro-Villa Victoria y El Oro-Tlalpujahuá. En lo que respecta a la comunicación interna, la mayoría de las localidades cuentan con vías de acceso que les permiten desplazarse tanto a la cabecera municipal como hacia otras comunidades. La red carretera se compone de 44 caminos cuya longitud es de 145.76 km, de los cuales, 57.3 km son de jurisdicción estatal (36.4 km pavimentados y 20.9 km revestidos), 37.8 km del ámbito federal y 50.66 km son municipales revestidos. En cuanto a la infraestructura ferroviaria, ésta se compone de 31.75 km de vías y de dos estaciones localizadas en Bassoco y Tultenango; cabe destacar que 8.89 km de vías ya no son utilizados.



# CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

El Atlas de Riesgos de El Oro tiene la finalidad de cumplir con la responsabilidad de diagnosticar y prevenir los riesgos a los que está expuesta la población, sus bienes y su entorno con motivo de la incidencia de fenómenos destructivos de origen natural o humano.

Antes de emitir un pronóstico de riesgos, es necesario analizar las condiciones ambientales del municipio de manera detallada, para lo cual es indispensable la elaboración de un diagnóstico geográfico apoyado en cartografía temática especializada en diversos temas que atañen a cada uno de los fenómenos naturales y/o sociales que influyen.

Los temas que se tocan en esta caracterización geográfica, son fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso del suelo y vegetación, áreas naturales protegidas y problemática ambiental, los cuales han sido considerados como indispensables para emitir un diagnóstico de las condiciones ambientales y realizar un pronóstico acertado de los posibles riesgos que pudieran presentarse dentro de la demarcación.

## 3.1 Fisiografía

El Municipio de El Oro se encuentra ubicado en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y forma parte de las subprovincias Mil Cumbres y Lagos y Volcanes de Anáhuac, aunque en esta última sólo se encuentra apenas el 1 % del territorio municipal.

La provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico está conformada principalmente por un conjunto de planicies escalonadas resultado de acumulaciones volcánicas y movimientos tectónicos, ambos procesos de intensidad considerable a lo largo del Cuaternario. Sobre estas planicies se asientan elevaciones volcánicas, lo mismo que serranías que pequeños conos, campos volcánicos monogenéticos y grandes volcanes compuestos. Es necesario destacar que esta provincia es un límite climático, geológico y biogeográfico.

Asimismo, el relieve de la subprovincia Mil Cumbres, se caracteriza por ser una región accidentada por la diversidad de sus topoformas, como son: sierras volcánicas complejas, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos, entre otros.

Por otra parte la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac está integrado por grandes sierras volcánicas o elementos individuales de todos tipos: maares, conos de escoria, volcanes compuestos, aislados y conjuntos menores y grandes así como por con amplias llanuras y vasos lacustres. Esta subprovincia ocupa el 1% de la superficie municipal.



Al ubicarse en estas subprovincias el municipio cuenta con diversos paisajes, y elevaciones, las cuales van desde los 2,400 metros en la zona noroeste hasta los 3,100 metros en la porción suroeste. El cerro más importante es el Somera con una altitud de 3,200 metros.

Debido a estas condiciones topográficas y a su ubicación, el municipio se encuentra situado en la región de los climas subhúmedos lo que provoca que existan procesos de disección del relieve considerables.

De acuerdo al mapa de provincias biogeográficas elaborado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1997), el municipio se encuentra ubicado en la provincia biogeográfica del Eje Volcánico la cual se caracteriza por poseer una homogeneidad de flora y fauna.

Para su mejor identificación el mapa municipal de fisiografía representa cada topoforma por medio de un polígono coloreado de acuerdo a la simbología internacional (ver mapa 3.1 en el anexo cartográfico).

Conforme al mapa de fisiografía, dentro de los límites del municipio se pueden distinguir las siguientes topoformas:

Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Topoforma	Descripción	Ubicación y %
Eje Neovolcánico	Mil Cumbres	Meseta	Meseta basáltica con lomerío	Abarca gran parte del municipio, se localiza en la zona centro, sur y poniente. 79%
		Sierra	Sierra compleja	Se sitúan en la parte oriental del territorio con una orientación norte-sur. 15%
		Lomerío	Lomerío de tobas con mesetas	Se localiza en la parte norte del territorio municipal. 5%
	Lagos y volcanes de Anáhuac	Lomerío	Lomerío de basalto	Es la topoforma que menos extensión posee, se ubica en la parte sur de la demarcación. 1%

Tabla 3.1 Provincias fisiográficas y principales topoformas ubicadas dentro del municipio El Oro. Fuentes: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, El Oro, México. INEGI 2009. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1 000,000 serie I. INEGI



## 3.2 Geología

Como se mencionó con anterioridad, el municipio se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico el cual está compuesto por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios eruptivos. Al pertenecer el municipio a dicha provincia, las rocas predominantes pertenecen al tipo ígneo. De igual forma se localizan algunos suelos lacustres y/o aluviones los cuales han sido producto de la acumulación de sedimentos. Debido a movimientos tectónicos y a la actividad volcánica de la región se pueden encontrar rocas del tipo metamórfico derivadas de rocas ígneas y sedimentarias.

Producto de esta intensa actividad volcánica y tectónica se pueden encontrar a lo largo del municipio diversas fallas y fracturas.

En la parte sur del municipio existe una concentración de fracturas, en localidades de Santiago Oxtempan, El Gigante, La Cima, Loma del Capulín, Pueblo Nuevo de los Ángeles, San Isidro, Magdalena Morelos, La Mesa, Yomejé, Tapaxco, La Concepción y San Nicolás El Oro; en algunos cerros como Songo, La Carbonera, Llorón; y una pequeña porción en la parte noroeste, principalmente en La Nopalera, El Mogote, Agua Escondida, cerros El Manzano y El Polvillo.

Además, la fuerte actividad minera que se presenta en el municipio ha provocado la presencia de “tiros” (entradas de tipo vertical a las minas), entre los que destacan: Tiro México Norte, Tiro Nolan, Tiro México, Tiro de la Chuparrosa, Tiro Ocotal, Tiro Nuevo Chihuahua, Tiro de la Aurora, Tiro la Esperanza, Tiro Norte El Oro, Tiro Somera, Tiro Hondo, Tiro 5, Tiro San Patricio, Tiro Providencia, Tiro Chihuahua, Tiro Consuelo, Tiro Sur No. 1, Tiro Sur No. 2, Tiro Santo Domingo, Tiro Arturo, Tiro El Carmen y Tiro de las Pleyades.

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de roca que se encuentran dentro de los límites de la demarcación (ver mapa 3.2 en el anexo cartográfico).

Roca/suelo	Tipo	Clave	Ubicación y %
Suelo	Aluvión	Qal	Se localiza en las zonas más bajas y relativamente planas al norte y noreste del municipio, principalmente donde se presentan los ríos más caudalosos. Se ubica en los poblados de Adolfo López Mateos, Agua Escondida, La Soledad y La Concepción. 5%
Roca ígnea	Andesita	TplA	Se presenta en el municipio en forma de pequeñas áreas distribuidas al noreste cerca de Agua Escondida; centro, cerca de Santiago Oxtempan; y sur cerca de La Mesa. 1%
Roca ígnea	Basalto	TplB	La mayor concentración se presenta en el extremo noroeste cerca de La Nopalera, El Mogote y Agua Escondida. En la porción suroeste se encuentra en menores



Roca/suelo	Tipo	Clave	Ubicación y %
			proporciones cerca de la presa Brockman. También se pueden encontrar afloramientos en la parte centro-norte cerca de San Isidro, Venta del Aire y La Soledad. 15%
Roca ígnea	Ignimbrita	TpIIg	Se encuentra distribuida en forma de pequeños manchones poco significativos en la porción centro y noroeste. La mayor concentración se da cerca de la Presa Brockman. 5%
Roca Metamórfica	Metacaliza-Metalutita	KapaMCz-MLu	Se localiza solo en una pequeña superficie cerca de la cabecera municipal. 1%
Roca ígnea	Riolita	TpIR	La mayor parte de los afloramientos se presentan en la porción oriental de la demarcación, presentándose el mayor en la parte sureste y noreste, cerca del poblado Buenavista. 30%
Suelo	Suelo lacustre	Qptla	Solo se presenta en dos pequeñas áreas ubicadas al oeste del municipio cerca de Santiago Oxtempan y la presa Guadalupe. 5%
Roca ígnea	Toba andesítica-Andesita	TpITA-A	Es la unidad que abarca mayor superficie dentro de la demarcación, se encuentra en la mayor parte del occidente centro y oriente donde se presentan las mayores altitudes y las pendientes son más abruptas. 35%
Roca ígnea	Unidad volcánica	UV1	Se ubica al extremo oriente del municipio. 3%

Tabla 3.2 Tipos de roca y suelo localizados en el municipio de El Oro. Fuente: Carta geológico-minera El Oro de Hidalgo E14A16 y Anganguero E14A26 escala 1:50,000. SGM.

### 3.3 Geomorfología

La clasificación del relieve por su origen y evolución es expresada en el mapa geomorfológico, el cual es de gran utilidad para la elaboración de trabajos con carácter ecológico, de regionalización, de ordenamiento ecológico del territorio, para estudiar la dinámica del relieve y para estudios de riesgo.

El mapa geomorfológico municipal muestra las geoformas que se localizan dentro del territorio por medio de polígonos coloreados en base a estándares internacionales. Según el mapa geomorfológico, el municipio de El Oro está conformado por las siguientes geoformas (tabla 3.3 y mapa 3.3 en el anexo cartográfico):



Nombre	Descripción	Ubicación y %
Llanura lacustre	Esta surge a partir de un antiguo lago rellenado por la disposición de los materiales transportados por los cursos de agua que desembocaban en él. Los suelos de estas llanuras suelen ser aptos para la agricultura, aunque a veces es necesario un drenaje artificial debido a las características de pantano que podría llegar a tener la llanura.	Se ubica en una pequeña franja con orientación este-oeste al norte del municipio en la zona relativamente más plana, donde los ríos son más caudalosos. 5%
Relieve volcánico	Conjunto de formas del relieve que se originan por erupciones de tipo central y lineal. El relieve volcánico es acumulativo cuando no ha sido modificado sustancialmente por los procesos exógenos. En caso contrario se trata de un relieve volcánico-erosivo. Los procesos que lo originan son explosivos, efusivos y extrusivos.	Debido a la naturaleza del relieve, la mayor parte del municipio presenta esta geoforma, ubicándose en el suroeste la mayor extensión. 60%
Sistema de piedemonte	Se presenta como un cambio brusco de la pendiente de una ladera montañosa hacia su base y pasa a un plano inclinado constituido por los materiales arrancados de las laderas por acción de la gravedad, el agua y el viento.	Se localiza principalmente en la zona occidental, centro y extremo oriental de la demarcación. Se ubica en las zonas donde la pendiente comienza a cambiar. 20%
Sistema fluvial	Es mecanismo hidrológico y geomorfológico de movilización o conducción superficial de las aguas acompañadas de los materiales que transportan (sedimentos). El sistema fluvial se estructura en cuencas hidrográficas y en una red de drenaje compuesta por un sistema jerarquizado de cursos fluviales, desde pequeños surcos hasta ríos, que confluyen unos en otros hasta configurar el colector principal de la cuenca. Cada uno de estos cursos fluviales cuenta con una corriente natural fluctuante en el tiempo, a veces esporádica o espasmódica, de agua y materiales sólidos que circula por un cauce con orillas bien definidas.	Se localiza a la margen de las corrientes de agua, principalmente en aquellas que poseen grandes caudales los cuales arrastran y depositan mayores cantidades de sedimentos. 15%

Tabla 3.3 Principales geoformas localizadas en el municipio de El Oro. Fuente: Sistema clasificatorio del relieve de México. Instituto de Geografía, UNAM; Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México 2003. Lugo J. Diccionario Geomorfológico. UNAM. México 1989.



### 3.4 Edafología

Cada lugar presenta diferentes tipos de suelo debido a las características geográficas que posee tales como el clima, geología, geomorfología, vegetación, etc.; así como a los procesos erosivos y de intemperismo que ocurren. El municipio se encuentra localizado en una zona que presenta climas templados y rocas de tipo ígneo, por lo que sus suelos son los característicos de estos lugares. Otra particularidad importante que tiene y que se relaciona directamente con los procesos formadores del suelo es la geomorfología, ya que los procesos modeladores de cada geoforma intervienen en algunas características del suelo tales como profundidad, textura, color, entre otras.

El mapa municipal de edafología representa cada unidad de suelo mediante polígonos coloreados conforme a normas internacionales, además de poseer la clave que le corresponde, la cual contiene otros datos como textura y fases físicas.

De acuerdo al mapa municipal (ver mapa 3.4 en el anexo cartográfico), la demarcación cuenta con los siguientes tipos de suelo:

Suelo	Textura	Fase física	Fase química	Características	Ubicación
Litosol	media	nd	nd	Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm. hasta la roca, tepetate o caliche duro. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre.	Se encuentra en una pequeña extensión al extremo noroccidental del municipio. 5%
Feozem háplico	media	nd	nd	Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales, su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.	Se ubica en la porción centro del municipio como una franja con orientación este-oeste. 15%
Planosol mólico	media	dúrica profunda	nd	Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial una capa más o menos delgada de un material claro que es siempre menos arcilloso de las capas de arriba y debajo de él. Son los planosoles más fértiles.	La mayor parte se localiza en la porción noroeste cerca de la cabecera municipal, La Nopalera y El Mogote. Asimismo se localiza en menor medida en la porción noreste cerca de La Jordana y



Suelo	Textura	Fase física	Fase química	Características	Ubicación
					Adolfo López Mateos. 10%
Vertisol pélico	fina	nd	nd	Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la temporada de sequía. Son suelos muy arcillosos frecuentemente negros o grises. Son pegajosos cuando están húmedos y duros cuando están secos.	Se localiza en la porción norte del municipio, en la zonas más bajas y planas. Es aquí donde se encuentran las llanuras lacustres. 5%
Andosol ócrico	media	gravosa	nd	Se ubican en zonas donde ha habido actividad volcánica reciente, pues son suelos que se han formado a partir de cenizas volcánicas. Tiene una capa superficial de color negro o muy oscuro y por ser suelos muy esponjosos y sueltos. Retienen mucho fósforo. El andosol ócrico presenta una capa superficial clara y es pobre en materia orgánica.	Es la unidad edafológica que posee mayor extensión debido a su naturaleza netamente ígnea. Se localiza en la mayor parte de la zona sur abarcando una enorme franja con orientación este-oeste. Asimismo se encuentra una pequeña superficie en el oeste, cerca del límite con Michoacán. 45%
Acrisol húmico	media	nd	nd	Se caracterizan por tener acumulación de arcillas en el subsuelo, poseer colores rojizos o amarillos y por ser ácidos o muy ácidos. Los acrisoles húmicos se caracterizan por presentar en la superficie una capa de color oscuro o negro sobre el suelo rojizo o amarillento. Esta capa es rica en materia orgánica pero pobre en nutrientes.	Únicamente se puede encontrar al oeste de la demarcación cerca de la cabecera municipal, San Nicolás el Oro, Santa Rosa de Guadalupe y en los alrededores de la presa Brockman. 15%
Planosol éutrico	media	dúcica profunda	nd	Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial una capa más o menos delgada de un material	Solamente se puede ubicar en una pequeña área localizada en el extremo oriental, cerca de



Suelo	Textura	Fase física	Fase química	Características	Ubicación
				claro que es siempre menos arcilloso de las capas de arriba y debajo de él. Los planosoles éutricos son suelos fértiles.	las localidades La Jordana y Adolfo López Mateos. 5%

Tabla 3.4 Suelos ubicados dentro del municipio de El Oro. Fuente: INIFAP - CONABIO 1995, Edafología; DETENAL 1979, Descripción de la leyenda de la carta edafológica.

### 3.5 Hidrología

El municipio se encuentra ubicado en su totalidad en la región hidrológica número 12 denominada Lerma-Santiago, dentro de las subcuencas del río Tlalpujahuá, río Atlacomulco – Paso de ovejas, río Jaltepec y Arroyo Cabichi, las cuales forman parte de la cuenca del río Lerma-Toluca.

Cuenta con varios ríos perennes como El Salto, Santa Rosa, Pendeje, Tapaxco, El Manzano, entre otros. Entre los escurrimientos temporales los que más destacan son el río el Llorón, La Jornada, Tibati, Arroyo el Ocotál y río Hoyos.

Asimismo los cuerpos de agua ubicados en el municipio son la presa Brockman, la presa Agua Caliente, presa la Golondrina, presa El Salto, presa El Guarda, presa Guadalupe, Presa Nueva, Presa Peña Cristal entre otras.

De acuerdo con el plan de desarrollo urbano del municipio del año 2003, la demarcación cuenta con 36 manantiales, 7 pozos profundos, 14 bordos y 5 acueductos.

En el mapa municipal los escurrimientos son representados por líneas conformadas por puntos y segmentos de línea, coloreadas en azul el cual es utilizado internacionalmente para representarlas. De igual forma aparece una clave constituida por caracteres alfanuméricos la cual indica a que subcuenca pertenecen. Asimismo los cuerpos de agua son delimitados mediante polígonos coloreados de azul como la marcan las normas cartográficas (ver mapa 3.5 en el anexo cartográfico).



<b>Región hidrológica</b>	Lerma – Santiago	El municipio se encuentra en su totalidad dentro de la región.
<b>Cuenca</b>	R. Lerma – Toluca	El municipio se encuentra en su totalidad dentro de la cuenca.
<b>Subcuenca</b>	RH12Ag R. Tlalpujahuá (85%); RH12Ac R. Atlacomulco - Paso de Ovejas (10%); RH12Ah R. Jaltepec (5%)	El municipio se encuentra en su totalidad dentro de estas subcuencas.
<b>Corrientes de agua perenne y microcuencas</b>	El Salto	Se localiza en la parte sureste del municipio, abastece a la presa del mismo nombre.
	Santa Rosa	Corre por la zona sureste de sur a norte, abastece la presa denominada Presa Nueva.
	Pendeje	Nace de la presa El Guara, corre de sur a norte en la parte suroeste del territorio.
	Tapaxco	Nace de la presa el Salto y otros pequeños afluentes, cruza de sur a noroeste el municipio.
	El Manzano	Nace en la porción noroeste de varios afluentes pequeños, uno de ellos proviene de la presa Guadalupe.
<b>Corrientes de agua Intermitente</b>	El Llorón	Nace en la porción suroeste, corre de sur a norte alimentando la presa Peña Cristal.
	La Jornada	Corre en el extremo oriental del municipio, continúa tu trayecto hasta el municipio de Atlacomulco.
	Tibati	Nace en la parte centro sur, alimenta al río Tlapaxco.
	El Ocotál	Se ubica en la porción occidental extrema del municipio, sus aguas cruzan parte de la zona urbana.
<b>Cuerpos de agua</b>	Presa Brockman	Se ubica en la parte suroeste del municipio, sus aguas entre otros usos abastecen a la población de la cabecera municipal. Es el cuerpo de agua con mayor extensión.
	Agua Caliente	Se localiza la porción centro norte del municipio. Es alimentada por los ríos Tapaxco y La Cuadrilla.
	La Golondrina	Se ubica en el centro norte de la demarcación.
	El Salto	Se encuentra en la porción sureste del municipio, es alimentada por el río del mismo nombre.



	El Guarda	Se sitúa en la parte suroeste de la demarcación, casi colindando con el municipio San Felipe del Progreso.
	Presa Guadalupe	Se localiza en la porción noroeste de la demarcación, de ella nace el arroyo El Manzano.
	Presa Nueva	Se ubica en la parte central del municipio, es alimentada por el arroyo Santa Rosa.
	Presa Peña Cristal	Se ubica en la parte central del municipio, cerca del área urbana, es alimentada por el arroyo El Ocotil .

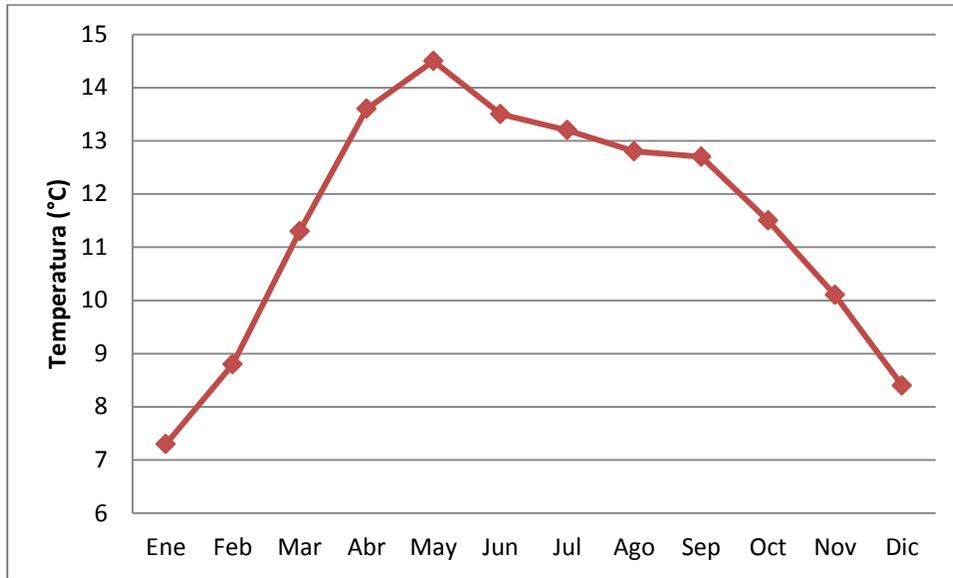
Tabla 3.5 Principales características hidrológicas de El Oro. Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, El Oro, México. INEGI 2009.

### 3.6 Climatología

El municipio de El Oro forma parte de la zona de transición del clima templado al semifrío. El relieve es un factor que influye directamente sobre el clima del lugar ya que las altitudes del territorio oscilan entre los 2400 msnm a los 3100 msnm aproximadamente; por lo tanto esta diferencia de altitud se ve reflejada en la variación de temperatura y presión atmosférica del municipio, pues a mayor altitud menor temperatura y presión.

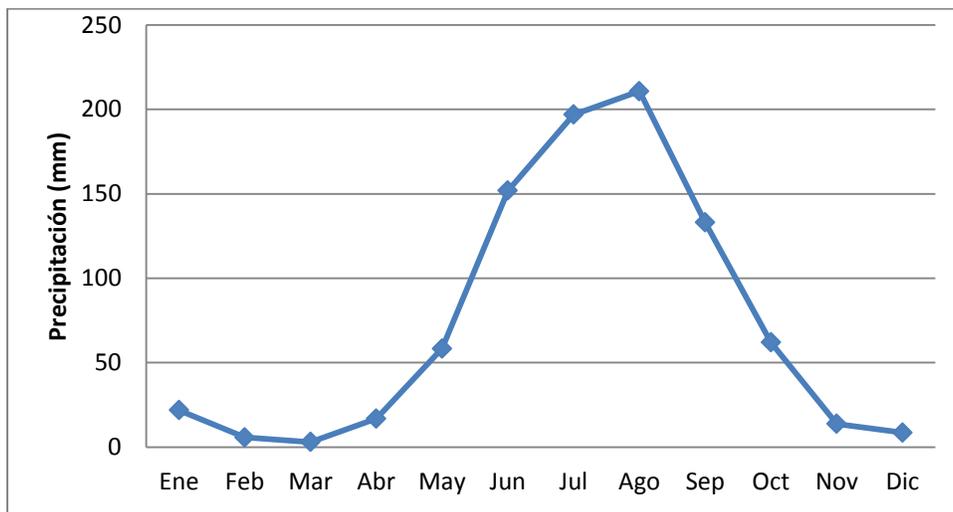
Asimismo la precipitación que se presenta en esta zona también está condicionada por relieve ya que la precipitación de tipo orográfica aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y por la influencia de fenómenos climáticos como los ciclones tropicales.

De acuerdo con las normales climatológicas proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional registradas desde 1971 al 2000, el municipio presenta una temperatura media anual de 11.5 °C; una temperatura máxima de 14.5 °C y una mínima de 7.3 °C. La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la temperatura media mensual del municipio.



Gráfica 3.1 Comportamiento de la temperatura media mensual del municipio de El Oro, 1971-2000. Fuente: Normales Climatológicas, SMN.

Otro elemento del clima es la precipitación, la cual presenta una máxima en verano de 210.7 mm; lluvias invernales de 21.9 mm y una mínima de 3.9 mm en la época de estiaje. Con un promedio anual de 883.8 mm. La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la precipitación media mensual del municipio del periodo de 1971 a 2000.



Gráfica 3.2 Comportamiento de la precipitación media mensual del municipio de El Oro, 1971-2000. Fuente: Normales Climatológicas, SMN.



En el mapa municipal (ver mapa 3.6 en el anexo cartográfico), cada clima es representado y delimitado por un polígono coloreado con base en estándares internacionales, además para su mejor comprensión, cada polígono contiene la clave del tipo de clima que zonifica. Dentro de la simbología se incluye una descripción más detallada acerca de las características de temperatura y precipitación propias de cada uno.

En el mapa se contemplan los principales climas que se encuentran dentro del municipio, los cuales, de acuerdo con García (1998) son los siguientes:

Clima	Descripción	Ubicación y %
C(w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 y temperatura del mes más caliente bajo 22 °C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	Divide al municipio en dos secciones horizontales. Este se ubica en la porción norte abarcando en su totalidad la cabecera municipal. 70%
Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	Es el clima que abarca la zona sur, donde se encuentran las mayores elevaciones. 30%

Tabla 3.6 Climas del municipio de El Oro. Fuente: García E., CONABIO 1998

### 3.7 Uso de suelo y vegetación

Para la identificación de riesgos, es importante conocer cómo se está utilizando la superficie del territorio municipal, ya que esta información permite identificar el grado de vulnerabilidad o exposición de cada porción del espacio geográfico ante las amenazas naturales.

Las comunidades vegetales del municipio han sido alteradas radicalmente y se encuentran en peligro de extinción en algunos sitios, debido al fuerte impacto que implica la deforestación con fines de cambio de uso de suelo. El cambio de uso de suelo para fines agrícolas es el más común y dañino que se presenta en el municipio ya que gran parte de la población se dedica a esta actividad por lo que extensas áreas ocupadas años atrás por bosques ahora se encuentran sin vegetación original y ocupadas para la siembra sin mostrar grandes producciones.

Debido a que el municipio se localiza en la zona transicional de los climas templados al semifrío, su vegetación original está compuesta por coníferas, bosques mixtos y pastizales templados principalmente.

Por la expansión de las actividades agropecuarias se deforestaron las áreas de menor pendiente y donde los suelos son menos someros. A lo largo de las márgenes de los cauces y en las zonas que presentan pendientes del terreno más marcadas como taludes y orillas de barrancos aún se pueden encontrar relictos de la vegetación original con cierto grado de degradación.



Debido a que se originó a partir de imágenes de satélite, el mapa municipal de uso de suelo y vegetación presenta las distintas comunidades vegetales y usos del suelo existentes en forma de píxeles. A cada píxel se le asigna un color de acuerdo al tipo de vegetación o uso de suelo que representa. Para una mejor lectura, cada conjunto uniforme de píxeles es etiquetado con un número, el cual corresponde a su tipo.

Acorde al mapa municipal (ver mapa 3.7 en el anexo cartográfico), los distintos usos del suelo y comunidades vegetales que se localiza son presentados en la siguiente tabla:

Uso de suelo	Características	Ubicación
Bosque de coníferas templado o subpolar	Los bosques de coníferas, son frecuentes en las zonas de clima templado y frío del hemisferio boreal. Se les encuentra prácticamente desde el nivel del mar hasta el límite de vegetación arbórea. Los individuos arbóreos más comunes son <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> .	Se localizan algunas comunidades en las partes más altas del municipio y en las zonas que presentan mayores declives, donde las actividades humanas no tiene influencia. La mayor concentración se presenta en la porción sureste cerca de las localidades El Capulín, Citejé y La Magdalena Morelos. También se encuentran pequeños rodales en el centro y occidente de la demarcación. 15%
Bosque de latifoliadas caducifolio tropical o subtropical	Son aquellos donde la cobertura espacial de los árboles es más del 70% de especies de hoja ancha, pueden encontrarse algunas especies de coníferas sin embargo no son significativas para designarle sus características al bosque.	Es la unidad que menor superficie presenta en el municipio, solo se encuentra en pequeños rodales ubicados en las elevaciones del noroeste. 1%
Bosque mixto	Los bosques mixtos o de pino encino se caracterizan por tener una diversidad de especies arbóreas relativamente baja, pero una enorme diversidad vegetal en los estratos herbáceo y arbustivo. La característica de este ecosistema es la presencia de árboles altos de diversos tipos de coníferas. Las especies dominantes de este tipo de ecosistema son los pinos, que también son las plantas pioneras cuando estos ecosistemas sufren algún tipo de daño. Estos ecosistemas ocurren en zonas de climas estacionales con inviernos fríos y lluvias escasas, mientras que los veranos son cálidos y húmedos. Se encuentran por	Se localizan relictos en las partes más altas del municipio las cuales se encuentran en la porción oriental, sur y en menor medida en el occidente. Suelen encontrarse en las zonas donde existen pendientes abruptas donde las actividades humanas no tienen influencia. 10%



	encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar.	
Matorral templado o subpolar	Se presenta en las partes altas del altiplano, donde el matorral sube a veces hasta 3000 m de altitud y, sobre todo, en su extremo septentrional, donde se presentan inviernos bastante rigurosos. En el valle de México y en algunas otras regiones del extremo sur de la Altiplanicie puede observarse la presencia de un matorral de <i>Eysenhardtia polystachya</i> , que se desarrolla sobre laderas de roca ígnea. Es un matorral de 2 a 4 metros de alto y a veces tan denso que la travesía por su interior ofrece dificultades.	Es el tipo de vegetación que presenta mayor extensión en el municipio. Se ubica principalmente en la zona sur, donde las elevaciones son mayores. También se localiza en la parte noroeste. 24%
Suelo agrícola	Parte del territorio donde antes existió vegetación natural y ahora es utilizado para labores agrícolas.	Abarca gran parte de la zona norte donde las pendientes del terreno son más favorables para las actividades agrícolas. También se encuentran pequeñas áreas dispersas en el sureste y centro-sur. 45%
Pastizal templado o subpolar	Este tipo de vegetación se encuentra dominada por las gramíneas o pastos. Los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y sólo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos.	Se localiza en el norte del municipio, en la zona donde las pendientes disminuyen hasta llegar a las llanuras lacustres. 2%
Asentamiento urbano	Superficie donde se ubican asentamientos humanos.	El principal se encuentra en la cabecera municipal, ubicada en la parte oeste del territorio. 3%

Tabla 3.7 Uso del suelo y vegetación de El Oro. Fuente: CCRS, CONABIO, CONAFOR, INEGI, USGS, 2010, Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros; J. Rzedowski. La vegetación de México. Limusa, primera edición 1978, México

### 3.8 Áreas naturales protegidas

Con el propósito de conservar el patrimonio natural del país, mejorar la calidad de vida de los pobladores y mitigar los impactos negativos a los ecosistemas y su biodiversidad, fueron creadas las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Éstas están compuestas por las regiones prioritarias para la conservación por medio de un decreto de protección, y con un programa de manejo, como instrumento de planeación para que se puedan conjugar las metas de la conservación con las del bienestar social.



Varias entidades de la república cuentan ya con decretos de áreas protegidas a nivel estatal bajo la administración de secretarías o institutos ambientales de los gobiernos de los estados. El gobierno del Estado de México cuenta con sus ANP, donde debido a su gran extensión y riqueza biológica se subdividen en varias categorías como son: reserva ecológica, parque nacional, parque estatal, parque municipal, área de protección, etc.

En la parte suroeste del municipio El Oro y en una pequeña porción en el noroeste del municipio de San José del Rincón se localiza el Parque Estatal Santuario del Agua Presa Brockman y Victoria. El área forma un polígono irregular que inicia en la parte norte de la Presa Victoria, coincidiendo con el límite entre los estados de México y Michoacán, dirigiéndose hacia el este y sureste hacia la confluencia de la carretera El Oro-San José del Rincón y el camino que va hacia la comunidad de Santa Rosa de Lima, el límite continúa en dirección sureste cruzando el límite con el municipio de San José del Rincón y en dirección oeste hacia el cerro El Cedral y dirigiéndose al norte en el límite de los estados de México y Michoacán para cerrar el polígono en el punto inicial dentro del municipio (ver mapa 3.8 en el anexo cartográfico).

### 3.9 Problemática ambiental

El municipio cuenta con una variedad de recursos naturales, donde destacan los forestales, pero debido a su inadecuado manejo, así como al desconocimiento por parte de la población y de las autoridades no existe un programa de control para orientar su óptimo aprovechamiento, generando con esto una serie de desequilibrios en los procesos naturales y limitando el potencial productivo de la zona.

Entre los principales problemas ambientales se encuentra la tala inmoderada de bosques en distintas partes del municipio, situación que genera erosión del suelo; alterando el medio natural y restringiendo su aprovechamiento. Entre otros efectos secundarios provocados por la erosión se encuentran el azolve de los cuerpos de agua, la disminución de la fertilidad, la pérdida de materia orgánica y el cambio en el estado de agregación de los suelos situación que puede generar dificultades en el desarrollo de la vegetación nativa.

Por otra parte, el tiradero a cielo abierto y la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento, son otro problema que origina contaminación del agua y el suelo, hecho que se agudiza en las localidades que no cuentan con un sistema de drenaje (aproximadamente el 60%). Asimismo existe un deterioro en los cuerpos de agua localizados dentro de la demarcación, particularmente de las presas El Mortero y Brockman por la presencia de lirio acuático, motivado por la descarga de las aguas residuales.

En cuanto a la contaminación del suelo por desechos sólidos, de acuerdo con datos de la Comisión de Ecología del Municipio, cada habitante genera en promedio 0.842 kg/día, por lo que en el municipio se generan aproximadamente 25,606.06 kg/día. En su mayoría, los residuos que se generan en el municipio son de tipo doméstico, destacando los de tipo alimenticio con 22% y los desechos de plástico con 13.1%.

Es necesario destacar que estos desechos sólidos son depositados en canales a cielo abierto y en el tiradero al este de la cabecera municipal, que es el único depósito que se tiene dentro del municipio.



## Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de El Oro

Diciembre 2011  
Entrega Final



El municipio de El Oro no puede sustraerse de la problemática ambiental que aqueja los sistemas naturales en todo el mundo. La influencia humana es un factor imprescindible de los procesos ecológicos del planeta, a la par con las tendencias climáticas y las fuerzas geológicas. El Centro para la Red Internacional de Información de Ciencias de la Tierra (CIESIN) de la Universidad de Columbia (EU) generó un índice para evaluar el grado de perturbación de los ecosistemas naturales por la actividad humana. El índice de la actividad humana se produce a través de una superposición de una serie de capas de datos que representan los factores que ejercen una influencia sobre los ecosistemas: distribución de la población, zonas urbanas, carreteras, y las tierras agrícolas. Con el efecto combinado de estos factores se obtiene el Índice de Influencia Humana. El Índice de Influencia Humana (IHI), va de valores de 0 (sin degradación) hasta 64 (degradación máxima posible). Dentro de este contexto, el municipio de El Oro tiene dentro de su territorio zonas que van desde 14 puntos (ecosistemas poco degradados) hasta 51 puntos (ecosistemas degradados). Ver mapa 3.9 en el anexo de mapas.



# CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

La dinámica demográfica, los elementos que integran, así como las actividades y estructura económica que componen al municipio de El Oro, constituyen una parte fundamental a considerar en el Atlas de Riesgo. Esto permite identificar los factores socioeconómicos, contribuyendo a detectar de manera directa el grado de vulnerabilidad social que presentan algunos sectores de la sociedad, lo cual facilitará la toma de decisiones, así como en la identificación de la población que pueda ser más susceptible a sufrir daños por los riesgos, ya sean de manera natural o antrópica.

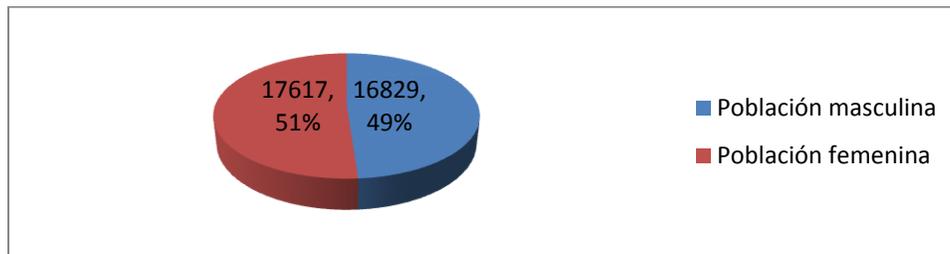
## 4.1 Elementos demográficos

Los componentes demográficos de los que se hace mención en esta caracterización, corresponden a las variables estadísticas poblacionales, generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), recopilada a través de los Censos y Conteos Poblacionales, con los que se construyen los indicadores que muestran la manera en la que está estructurada la población.

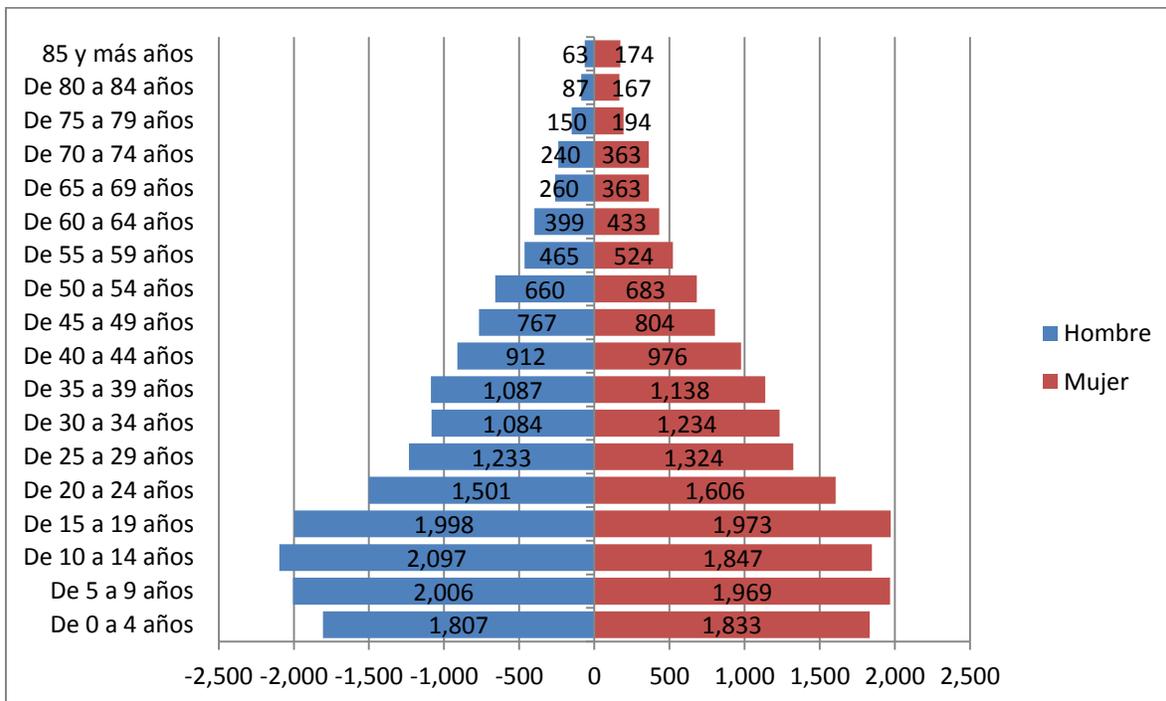
### 4.1.1 Dinámica demográfica

En el Estado de México, según datos obtenidos en el INEGI, para el año 2010, la entidad contaba con una población de 15'175,862 habitantes; el municipio de El Oro, reúne al 0.22% de la población total, es decir, a 34,446 habitantes, de los cuales el 51.1% son mujeres, mientras que el 48.9 % restante son hombres (gráfica 4.1). De la población total el 16.7% se concentra en la cabecera municipal, mientras que el resto se encuentra disperso en 43 localidades con un promedio de 650 habitantes; debido a esta distribución de población, se incrementan las posibilidades de ser vulnerables a fenómenos naturales de extensión territorial amplia, lo cual indica la importancia y los grandes retos que esto representa para el municipio (ver mapa 4.1 en el anexo cartográfico).

En la siguiente pirámide de edades (gráfica 4.2), se puede observar los grupos quinquenales de edad, diferenciada por sexo, a la izquierda los hombres y a la derecha las mujeres. En la base, se observa el mayor nacimiento de mujeres que de hombres, al igual que en la punta, lo que indica que la esperanza de vida es mayor para las mujeres, por otra parte, la base comienza a ser menos ancha, esto tiene una significancia de que existen menos nacimientos, y comienza a darse un mayor número de población en los grupos de edad de 15 a 19 años, esto tiene consecuencias directas en la demanda de empleo y educación.



Grafica 4.1: Población Masculina y Femenina en 2010 en el municipio de El Oro. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).



Grafica 4.2. Pirámide de Población El Oro, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

De tal manera que la pirámide inicia con características regresivas, propias de las dinámicas poblacionales que se están experimentando en todo el Estado de México. Mediante este análisis se consolidan las diversas estrategias de manera focalizada, identificando los grupos vulnerables que representan los niños, así como los adultos mayores.



## 4.1.2 Distribución de población

### Composición de la población por grandes grupos de edad.

Con la finalidad de proporcionar información de la distribución de población en el municipio, se realiza este análisis de manera general de los grandes grupos de edad, con el fin de conocer cuál es el grado de vulnerabilidad que se pudiera tener en el municipio.

De tal manera que para el año de 2010, de los 34,446 habitantes del municipio de El Oro, el 60.4 % de la población total, pertenece al grupo de entre los 15 años hasta los 64 años, seguido por el grupo de 0 a 14 años con el 33.6 % de niños y niñas, mientras los adultos mayores que es el grupo de 65 años y más ocupaba el 6%, tal como se puede observar en el gráfico 4.3.

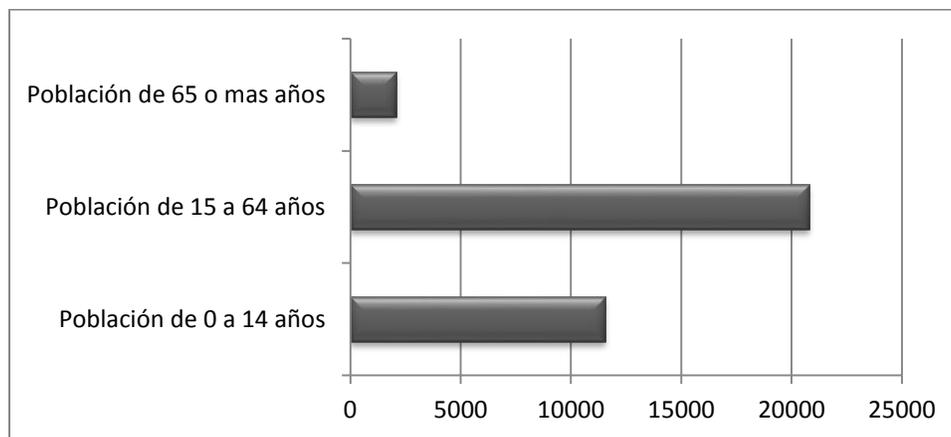


Gráfico 4.3: Distribución de la Población por grupos de edad, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

## 4.1.3 Mortalidad

La mortalidad se mide a través de la tasa de mortalidad, que es el indicador demográfico, el cual señala el número de defunciones de la población municipal, por cada 1,000 habitantes, durante un periodo determinado. De tal manera que para el año de 2009 en el Estado de México la tasa de mortalidad era de cuatro fallecimientos por cada mil habitantes, mientras que para el municipio de El Oro, la tasa de mortalidad es de 3.8 defunciones por cada mil habitantes.

Otro aspecto importante a considerar es la tasa de mortalidad infantil, la cual indica el número de defunciones de niños menores de un año en una población. En el 2009, según datos obtenido en el INEGI, hubo 11 defunciones infantiles en el Municipio de El Oro.



#### 4.1.4 Densidad de población

La densidad de población, también denominada población relativa, se refiere a la distribución del número de habitantes a través del territorio municipal, es decir la población total (34,446 habitantes), entre la superficie municipal (13742 ha) expresada en hectáreas, lo que corresponde a 2.5 habitantes por hectárea, mientras que a nivel estatal, hay 6.8 habitantes por hectárea, lo que muestra la poca densidad demográfica que prevalece para este municipio (ver mapa 4.2 en el anexo cartográfico).

#### 4.1.5 Discapacidad

En el municipio de El Oro habitan un total de 1,395 personas con alguna clase de discapacidad, incluyendo auditivas, de habla, visuales, mentales o motrices. Esta población posee un mayor grado de vulnerabilidad ya que su condición, en caso de desastre, incrementa la probabilidad de sufrir daños derivados de las limitaciones de movilidad, o percepción sensorial de un peligro inminente.

Tipo de limitación	No. personas
<b>Población con limitación en la actividad</b>	1395
<b>Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar</b>	723
<b>Población con limitación para ver, aun usando lentes</b>	344
<b>Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar</b>	147
<b>Población con limitación para escuchar</b>	197
<b>Población con limitación para vestirse, bañarse o comer</b>	54
<b>Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas</b>	56
<b>Población con limitación mental</b>	139
<b>Población sin limitación en la actividad</b>	32674

Tabla 4.1. Tipos de limitación en la población de El Oro. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por Localidad ITER.



## 4.2 Características sociales

Es importante el analizar los datos relacionados con, los niveles de bienestar, tales como educación, salud y vivienda, lo que permite conocer las condiciones de vida que persisten para los habitantes del municipio, con lo que se puede establecer estrategias focalizadas diferenciadas según el grado de vulnerabilidad en correlación con los niveles de desarrollo existentes.

### Educación.

Uno de los factores importantes de prevención se establece dentro del sistema escolarizado, debido a la concientización que toman los jóvenes en lo referente a los peligros que puedan existir y la forma de enfrentarlos. Por otra parte, los indicadores en este rubro, están relacionados con la adopción de actitudes y conductas preventivas que contribuyen en la disminución de riesgos, debido al conocimiento que se puede obtener sobre fenómenos y riesgos.

El contar los datos de la matrícula, así como la ubicación de los planteles, facilita la elaboración de este Atlas de Riesgo, estableciendo zonas de vulnerabilidad ante cualquier fenómeno, según datos obtenidos en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México, en el municipio se registró una matrícula 12,663 alumnos en educación básica, media superior y superior en los sistemas escolarizado y no escolarizado, correspondiente al ciclo escolar 2010-2011, en el que se incluyen escuelas oficiales y particulares de control estatal, federalizado, federal y autónomo, en un total de 125 planteles, los cuales se encuentran de manera diferenciada en la tabla 4.1.

Mientras que el Grado Promedio de Escolaridad de la población de 15 años y más en 2010 fue de 7.2, es decir, el nivel de instrucción del municipio corresponde a poco más de 7 años de educación formal (ver mapa 4.3 en el anexo cartográfico).

	Nivel	Matrícula	Docentes	Planteles
<b>Modalidad Escolarizada</b>	Educación Preescolar	1,567	80	52
	Educación Primaria	5,570	243	40
	Educación Secundaria	2,584	143	15
	Educación Media Superior	1,576	98	4
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>11,297</b>	<b>564</b>	<b>111</b>
<b>Modalidad No Escolarizada</b>	Educación Inicial	34	1	1
	Educación Especial	22	3	1
	Educación Para Los Adultos	757	46	11
	Educación Deportiva	553	19	1
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>1,366</b>	<b>69</b>	<b>14</b>
	<b>Total</b>	<b>12,663</b>	<b>633</b>	<b>125</b>

Tabla 4.2. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Información Estadística y de Registros Administrativos del Sector Educativo Estatal, en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México 2010-2011.



Por otra parte, en lo referente al analfabetismo, que son las personas mayores de 15 años que no saben leer ni escribir, los cuales son considerados como vulnerable por su condición, en 2010 representaban el 7% es decir, 2,424 personas mayores de 15 años eran analfabetas de los cuales, el 74% eran mujeres y el 26% eran hombres.

Otro dato importante que ayuda a identificar la vulnerabilidad, es el grupo de población de 15 años y más con primaria incompleta, cabe señalar, que este indicador al igual que el analfabetismo, es utilizado como variable para medir el índice de marginación. En 2010 según datos registrados en el Censo existían 3,482 habitantes de 15 años y más que no concluyeron la primaria, el 10.1% del total de la población.

### Vivienda.

Los indicadores obtenidos con relación a la vivienda, proporcionan la información con respecto a la situación que guardan, así como para determinar la vulnerabilidad como consecuencia del tipo de materiales con las que están construidas las viviendas, los riesgos en la infraestructura y servicios, como consecuencia del hacinamiento que se pudiera presentar en el municipio.

En el municipio en 2010 INEGI registró un total de 9,869 viviendas, de las cuales sólo 7593 estaban habitadas con un promedio de 4.5 habitantes por vivienda. 6,708 viviendas tienen piso de material diferente de tierra y 867 viviendas tienen piso de tierra. En lo referente a servicios, se registró a 4,203 vivienda que cuentan con los servicios de agua entubada, luz y drenaje, lo que representa una cobertura del 55.3% (tabla 4.3 y mapa 4.4 en el anexo cartográfico).

Una manera de identificar las zonas vulnerables es a través del índice de marginación, que en su carácter multidimensional, utiliza variables sociales, demográficas y territoriales mediante el uso de indicadores, con lo que se pueden focalizar las estrategias al ser los grupos más expuestos a riesgo y vulnerabilidades sociales.

Total de Viviendas habitadas	Material del Piso	Servicios	Cobertura (%)	
7,593	Diferente de tierra	Luz	7,366	97
		Agua entubada	6,459	85
	De tierra	Drenaje	4,590	60.4
		<b>Total*</b>	<b>7,575</b>	<b>Viviendas con todos los servicios</b>

Tabla 4.3: Viviendas, tipo de material del piso, servicios y cobertura. Nota\*: La sumatoria no corresponde al total de viviendas, debido a que el Censo solo cuenta con la información aquí descrita. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

### Marginación.

Para el 2005, con base en datos obtenidos en el II Censo de Población realizado por el INEGI, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) realizó el índice y grado de marginación a nivel municipal y localidad, donde el municipio de El Oro tuvo un grado de marginación alto, debido a que el índice de marginación promedio fue de -0.51.



Con la finalidad de ubicar las localidades que componen al municipio y observar cual es la situación guardan con respecto al índice de marginación, la siguiente tabla, agrupa los datos obtenidos en 2005, donde se agrupa 63.9% de la población en el grado de marginación **alto**, le sigue el muy **bajo**, con el 22.6% de población en 5 localidades. Los datos pueden ser contradictorios debido a la disparidad como consecuencia de la dispersión de población que existe en las localidades, ya que en 29 localidades los grados de marginación son **muy alto** y **altos**, representando el 64.6% de la población total, en el momento en que se realizó este análisis, tal como se muestra en la tabla 4.4.

Grado de Marginación	Número de localidades	Población	
		Total	Porcentaje (%)
Muy alto	1	226	0.7
Alto	28	20346	63.9
Medio	5	2239	7.0
Bajo	4	1820	5.7
Muy Bajo	5	7207	22.6
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>31,838</b>	<b>100</b>

Tabla 4.4: Grado de Marginación en localidades y concentración de población 2005. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Estimaciones del CONAPO con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005 (IV Trimestre).



## 4.3 Principales actividades económicas en la zona

Los fenómenos naturales y antropogénicos tienen una repercusión directa en las dinámicas económicas, por lo que es fundamental identificar las principales actividades económicas realizadas en el municipio. Concentrando estas actividades se realiza la tabla 4.5, la cual muestra los principales sectores económicos subdivididos por los tipos de actividades económicas (Primarias, Secundarias y Terciarias).

La tabla siguiente muestra que las principales actividades del municipio en 2009, se centran en el sector primario, lo que indica el carácter agropecuario de El Oro, muy por encima de las actividades industriales y de servicios. Cabe destacar, sin embargo, que en caso del sector terciario, se espera que haya un crecimiento exponencial de la oferta de servicios turísticos debido a la reciente incorporación del municipio al programa de Pueblos Mágicos. Asimismo, en el caso de la industria, si en los próximos años se abre de nuevo la actividad minera, esta sin duda cambiaría nuevamente la vocación de las actividades económicas no solo del municipio sino de la región.

Tipo	Concepto	Unidad
Actividades primarias	Superficie sembrada total (Hectáreas), 2009	8363
	Superficie sembrada de avena forrajera (Hectáreas), 2009	1460
	Superficie sembrada de maíz grano (Hectáreas), 2009	6840
	Superficie sembrada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2009	63
	Superficie cosechada total (Hectáreas), 2009	8363
	Superficie cosechada de avena forrajera (Hectáreas), 2009	1460
	Superficie cosechada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2009	63
	Volumen de la producción de avena forrajera (Toneladas), 2009	53655
	Superficie sembrada de temporal (Hectáreas), 2009	7035
	Volumen de la producción de carne en canal de ovino (Toneladas), 2009	106
	Volumen de la producción de carne en canal de caprino (Toneladas), 2009	1
	Volumen de la producción de carne en canal de gallináceas (Toneladas), 2009	111
	Volumen de la producción de carne en canal de guajolotes (Toneladas), 2009	33
	Volumen de la producción de leche de bovino (Miles de litros), 2009	472
	Volumen de la producción de huevo para plato (Toneladas), 2009	64
	Volumen de la producción de miel (Toneladas), 2009	1
	Vol. de la producción forestal maderable de coníferas (Metros cúbicos), 2009	252
	Superficie sembrada de riego (Hectáreas), 2009	1328
	Usuarios de energía eléctrica, 2009	8511
Actividades secundarias	Volumen de las ventas de energía eléctrica (Megawatts-hora), 2009	8452
	Valor de las ventas de energía eléctrica (Miles de pesos), 2009	11069
	Inversión pública ejercida en obras de electrificación (Miles de pesos), 2009	295



Tipo	Concepto	Unidad
Actividades terciarias	Tianguis, 2009	1
	Mercados públicos, 2009	1
	Oficinas postales, 2009	9
	Automóviles registrados en circulación, 2010	2376
Finanzas públicas	Ingresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2008	119830
	Egresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2008	119830

Tabla 4.5: Concentrado de Actividades Económicas por Sector, 2009. Fuente: Elaboración propia con base en datos de: SAGARPA 2009, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera; 2009 INEGI México en Cifras.

## 4.4 Características de la población económicamente activa

Mediante la identificación de las características de la población económicamente activa, es posible localizar aquellos sectores susceptibles de sufrir daño, en su persona o bienes que posea. En este sentido, se presentan algunos indicadores que permitirán asociar elementos para determinar la vulnerabilidad social ante los desastres naturales, definida como la serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre.

La población económicamente activa, es aquella población que están en edad de trabajar, que se encuentran ocupados en algún sector de la economía y que son remunerados por su trabajo, con base en datos obtenidos en el Censo de Población 2010, la Población Económicamente Activa en el municipio es de 11,886 personas, es decir, de los 25,228 habitantes que ocupan el grupo de edad de entre 12 años y más, el 47.1% de este grupo de edad se encontraba de manera activa, de los cuales, el 72.8 % eran hombres, y el restante 27.2% eran mujeres, por lo que existe un mayor número de hombres activos.

Por otra parte se encuentran la Población Económicamente No Activa, en este indicador se consideran a las personas de 12 años y más, pensionados o jubilados, estudiantes, personas que tienen alguna limitación física o mental permanente que les impide trabajar, así como a las personas dedicadas al quehacer del hogar, estas últimas son consideradas debido a que no perciben un salario. Cabe señalar que este grupo de personas son clasificadas con mayor vulnerabilidad debido a su condición. En 2010 se registraron a un total de 13,040 personas como económicamente inactivas, de las cuales predominan la mujeres con el 74.9%, mientras que en los hombres, sólo el 25.1% se mantenía inactivo, siendo las mujeres el grupos con mayor vulnerabilidad (grafica 4.4).

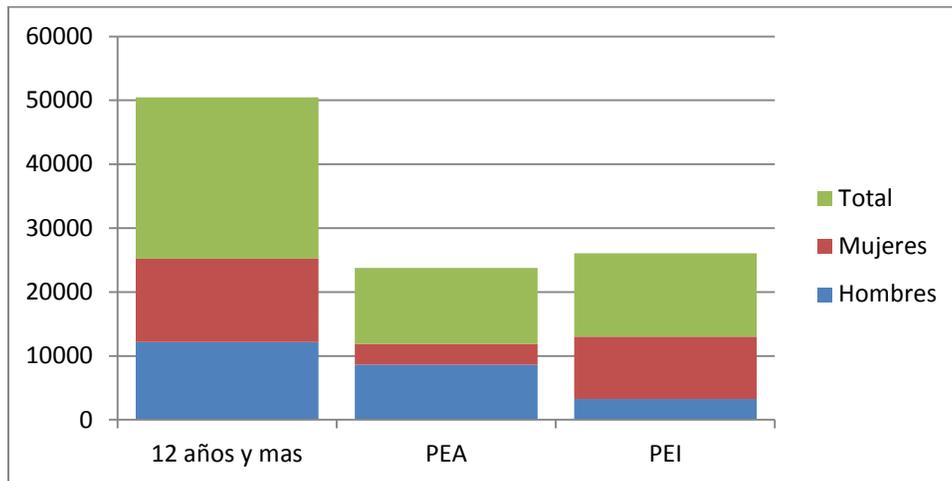


Gráfico 4.4: Características de la población económicamente activa e inactiva 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

## 4.5 Estructura urbana

Los usos que da la sociedad al suelo son una modificación antrópica del ambiente natural, un ambiente construido, tales como áreas de cultivo, asentamientos urbanos, corredores industriales entre otros usos. Estos han provocado en ciertos casos, un uso indiscriminado de la tierra, donde los cambios como el crecimiento agropecuario, tienen efectos significativos en la erosión y degradación de los suelos, haciendo a estos más susceptibles a riesgos.

El municipio tiene una superficie de 13,742 ha, de los cuales, según datos del Plan de Desarrollo Urbano, el 62% (8,522.02 ha) correspondía a áreas agrícolas; el 33.7% (4,640.82 ha) corresponde a zonas forestales; el uso urbano abarca una superficie de 2.2% (310.87 ha); la industria concentra una superficie de 107 hectáreas y los cuerpos de agua 161 hectáreas, que juntos representan el 2.1%.

En lo que corresponde al área urbana, el uso habitacional es el predominante ya que ocupa una superficie de 246.47 hectáreas, que representa el 79.28% de la superficie del área urbana, integrada por la consolidación de la vivienda. Este uso de suelo se clasificó en tres densidades: alta, media y baja:

- La clasificación de densidad habitacional alta incorpora una superficie de 29.55 hectáreas, que representa el 9.50% de la superficie del área urbana. Presenta una densidad de 20 a 35 viv/ha y lotes que van de 150 m<sup>2</sup> a 417 m<sup>2</sup>.
- La densidad habitacional media tiene una superficie de 54.87 hectáreas representando el 17.65% de la superficie del área urbana. Presenta una densidad de 10 a 19 vivi/ha y lotes de 500 m<sup>2</sup> a 833 m<sup>2</sup>.
- La densidad habitacional baja tiene una superficie de 162.04 hectáreas que representan el 52.12% de la superficie del área urbana. Presenta una densidad de 4 a 9 vivi/ha y lotes de 1,000 m<sup>2</sup> a 2,000 m<sup>2</sup>.



## Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de El Oro

Diciembre 2011  
Entrega Final



La superficie que ocupa el equipamiento es de 27.26 hectáreas que representan el 8.77% del área urbana integrado por equipamientos de educación, cultura, recreación y deporte, salud y asistencia, comercio, comunicación y transporte, abasto, turismo y administración y servicios.

El Centro Urbano integra una superficie de 9.58 hectáreas que representan el 3.09% de la superficie del área urbana, caracterizados por la concentración de actividades comerciales y de servicios, destacando la presencia de 5 hospitales y 19 escuelas. Presenta una densidad de 10 a 19 viv/ha. El Centro Histórico tiene una superficie de 15.16 hectáreas representando el 4.87% de la superficie, al igual que el centro urbano en concentrados de actividades comerciales y de servicios (ver mapa 4.5 en el anexo cartográfico). Presenta una densidad de 20 a 35 viv/ha. La tipología de la vivienda es predominantemente unifamiliar de uno a dos niveles.



# CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

El territorio municipal de El Oro se encuentra sujeto a gran variedad de fenómenos que pueden causar desastres. Por ser parte del campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, el municipio podría ser afectado por actividad sísmica y volcánica. De los volcanes que han existido en las distintas épocas geológicas en el territorio o cerca de él, tres de ellos han hecho erupción en tiempos históricos y se consideran activos o representan zonas activas. La ubicación del municipio en una región intertropical, lo hace sujeto a los embates de lluvias intensas. Los efectos de este fenómeno, en términos de deslizamientos de laderas y flujos, se pueden presentar en prácticamente todo el territorio, principalmente en la zona poniente, es decir, en la cabecera municipal. En sentido opuesto, la escasez de lluvia se resiente en diversas regiones cercanas al municipio y que afectan la agricultura, la ganadería y la economía de esas regiones. Asociados a la escasez de lluvia están los potenciales incendios forestales que aunque no se han presentado, pueden alcanzar proporciones extraordinarias debido a la masa forestal establecida en el municipio.

Los tipos de desastres anteriores tienen como origen un fenómeno natural, por lo que se les suele llamar desastres naturales, aunque en su desarrollo y consecuencias tiene mucho que ver la acción del hombre. Los distintos fenómenos y los desastres que éstos generan se tratarán con mayor detalle más adelante; el propósito de esta descripción inicial es resaltar la amplitud de la problemática y la gravedad de sus posibles consecuencias.

El municipio de El Oro, en su actual administración ha reconocido que, para enfrentar mejor los efectos de estas fuerzas, es necesario adoptar un enfoque global, que cubra los aspectos científicos y tecnológicos relativos al conocimiento de los fenómenos y al desarrollo de las medidas para reducir sus efectos, y que en base a ellos prevea esquemas operativos para apoyar a la población con medidas organizativas de la población misma, para que esté preparada y responda de manera apropiada al embate de los fenómenos peligrosos. Por ello, se ha establecido que se debe dar atención a la fase de prevención o mitigación, que se refiere a las acciones tendientes a identificar los riesgos y a reducirlos antes de la ocurrencia del fenómeno.

Este trabajo corresponde a la parte técnico-científica del conjunto de tareas que tienden a la reducción de los impactos de los desastres a nivel municipal. Un requisito esencial para la puesta en práctica de las acciones de protección civil es contar con diagnósticos de riesgos, o sea, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno. El proceso de diagnóstico realizado en este trabajo, implicó la determinación de los escenarios o eventos más desfavorables que pueden ocurrir, así como de la probabilidad asociada a su ocurrencia. Los escenarios incluyeron el otro componente del riesgo, que consiste en los efectos que los distintos fenómenos tienen en los asentamientos humanos e infraestructura expuesta a eventos. Debido a que los riesgos son complejos porque implican la interacción dinámica entre los fenómenos naturales, el entorno, y la cambiante sociedad, este Atlas de Riesgo debe actualizarse permanentemente.



Antes de adentrarse en el estudio individual de cada riesgo, es importante explicar algunos conceptos generales sobre la medición del riesgo. El riesgo se calcula en función de una formulación probabilística, que en su planteamiento más general se expresa de la manera que se describe a continuación.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}; R = P \times V$$

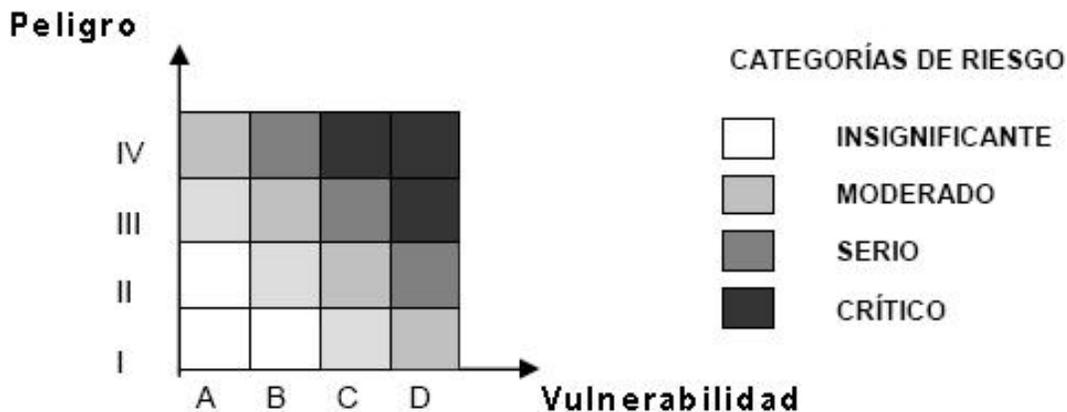


Fig. 5.1 Representación grafica de la medición del Riesgo en función del peligro y vulnerabilidad

Se llama peligro P, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión de estos sistemas a ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad de daño. Finalmente, el riesgo es el resultado de los dos factores. En este esquema, el riesgo se expresa como un resultado posible de un evento; ya que P y V son dos probabilidades,

En este Atlas, para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos, se obtuvieron las estadísticas sobre la incidencia de los mismos. Los servicios meteorológicos, sismológicos, etc., realizan el monitoreo y llevan estadísticas de los fenómenos, de las que se pueden derivar estimaciones de probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas. En muchos casos las estadísticas cubrieron lapsos mucho menores que aquellos necesarios para determinar los periodos de retorno útiles para diagnóstico de riesgo, por lo que se aplicaron periodos de retorno.

El concepto de período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años. Como se verá en los apartados siguientes, para la mayoría de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. Se recurrió a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones usuales en el tema específico.

Para la representación de los resultados de los estudios de peligro, se utilizaron mapas a distintas escalas, en los que se identifican los tipos e intensidades de los eventos que pueden ocurrir. Los mapas se realizaron en sistemas de información geográfica, ya que estos sistemas permiten representaciones



## Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de El Oro

Diciembre 2011  
Entrega Final



mucho más completas y ágiles de las distintas situaciones. Además, estos sistemas facilitarán la actualización oportuna de las representaciones del riesgo necesarias para cada caso.

El Atlas de Riesgos del Municipio de El Oro pretende proporcionar la información más completa posible sobre los peligros y sobre la incidencia de los fenómenos a nivel local. El presente documento tiene el propósito principalmente de difundir conocimientos sobre los problemas que se presentan en el municipio y de proporcionar una visión de conjunto sobre la distribución geográfica de los peligros, en el entendido de que los estudios de riesgo deberán ser producto de esfuerzos específicos para cada tipo de fenómeno y para cada localidad. Así, el esquema de este documento, representa no sólo la información de los peligros, sino también la de los riesgos que se derivan de las condiciones locales específicas y de la situación de población y de infraestructura expuesta a los fenómenos potencialmente desastrosos. Este Atlas será el instrumento operativo base para los programas de protección civil y los planes de emergencia.



## 5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico

Aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta son denominados fenómenos geológicos, los cuales, para nuestros fines, pueden clasificarse de la siguiente manera: sismicidad, vulcanismo, y deslizamientos de laderas. Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares. La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas. Otros fenómenos geológicos son propios de la superficie terrestre y son debidos esencialmente a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, teniendo a ésta como factor determinante para la movilización masiva, ya sea de manera lenta o repentina, de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en pendientes pronunciadas. En ocasiones estos deslizamientos o colapsos también son provocados por sismos intensos. Otros fenómenos asociados a movimientos superficiales son los hundimientos y agrietamientos locales que llegan a afectar seriamente las edificaciones y la infraestructura. En las siguientes páginas se presentan los análisis de cada uno de los fenómenos mencionados, considerando lo sucedido en el pasado y estimando posibles escenarios futuros.

Fenómenos Geológicos
Fallas y fracturas
Sismos
Vulcanismo
Deslizamientos
Derrumbes
Flujos
Hundimientos
Erosión

Tabla 5.1 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de El Oro

### 5.1.1 Fallas y Fracturas

Las Fallas y Fracturas son fenómenos geológicos que pueden afectar las edificaciones e infraestructura en general, dañando la estabilidad de las construcciones al grado de impedir su uso e incluso llegando a derrumbarlas. Las fracturas son planos de ruptura dentro de una unidad litológica, causadas por movimientos y deformaciones corticales (epirogénesis y orogénesis); por contracción y disecación de los sedimentos; o por liberación de tensión paralela a la superficie. Una falla es una fractura en la que dos bloques de roca, se deslizan uno con respecto al otro en direcciones divergentes. Cuando los bloques tienen movimiento (caso de las fallas), son capaces de provocar daños cuya severidad estará en función de la intensidad del movimiento, a su vez de la superficie o infraestructura que pudiese



resultar afectada. Al ubicarse una falla (considerada como activa) en zona urbana llega a poner en peligro infraestructura a sus alrededores, como viviendas, vialidades, infraestructura de agua y drenaje, entre otros.

## *Peligro por fallas y fracturas*

Dentro del Municipio de El Oro se identificaron fallamientos pertenecientes al Graben de Acambay. Este supersistema se encuentra alineado con determinados rasgos superficiales que se aprecian sobre el terreno, entre los más significativos se encuentran: superficies disectadas, ríos, zonas escarpadas y contactos entre distintas unidades volcánicas emitidas de los diferentes aparatos volcánicos.

En la zona se identificaron 2 principales sistemas de fallas con orientación preferencial NNW-SSE y WNW-ESE. Éstos pertenecen a sistemas de fallas regionales que cruzan el Cinturón Volcánico Transmexicano. Las primeras pertenecen al sistema de fallas Taxco - San Miguel de Allende. Presenta diversas orientaciones locales, pero en general atraviesa el municipio en sentido NNW-SSE y N-S. La longitud de las fallas va del orden de 15 a 50 km, abarcando todo el ancho del municipio, desde cerro Somera, hasta cerro El Varal.

El segundo sistema pertenece al sistema de fallas Morelia-Acambay, con orientación NE-SW y E-W. Las fallas NNW-SSE son más viejas y se han reactivado en el tiempo, creando las depresiones lacustres del centro del municipio. Este sistema atraviesa al municipio en sentido E-W.

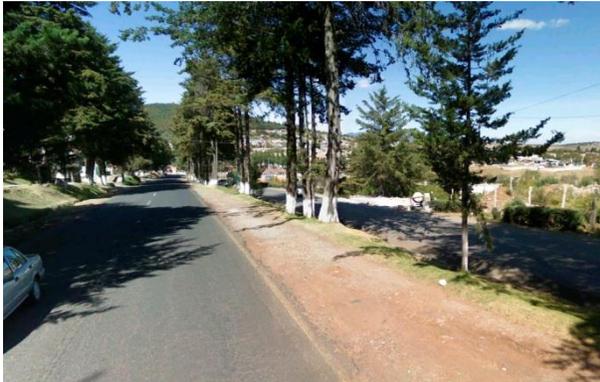
Parte de la Falla Venta de Bravo cruza el sector norte del municipio. Esta se caracteriza por su continuidad y escarpe de falla con una longitud de 45 kilómetros. Esta falla es de tipo normal y se encuentra afectada a su vez, por una serie de fallas de tipo lateral izquierdo (Sector NW).

Los sectores NE y SW del municipio es la zona donde se concentra la mayor parte del fracturamiento y fallamiento. Sus alineamientos corresponden con zonas escarpadas, en donde el material predominante son secuencias de depósitos volcánicos, dadas las condiciones geológicas de la zona, no se aprecia algún sistema de fallas regionales activas dentro el municipio. Sin embargo, no se descarta la presencia de una falla activa.

Para obtener el mapa de fallas y fracturas se realizó una investigación documental en la cartografía geológica del INEGI y del Servicio Geológico Nacional. Se digitalizó en formato de imagen la zona de cobertura del municipio de la Carta Geológico-Minera E14-A16 del Servicio Geológico Mexicano, para poder georreferenciar los elementos de falla y asignarles sus características en función de la fuente de obtención de la información. También se realizó cálculo de la geometría de los vectores para la estimación de su longitud (ver mapa 5.1 en el anexo cartográfico).

## *Vulnerabilidad y riesgo por fallas y fracturas.*

A pesar de la nutrida presencia de este fenómeno en el municipio, la mayoría de fracturas y fallas se ubica en la parte forestal; las zonas en donde se estiman daños potenciales a las obras civiles, es la área urbana de El Oro de Hidalgo. No obstante, no se han identificado afectaciones a construcciones, calles, tuberías de drenaje y de agua potable, ni tampoco ha habido demoliciones asociadas a esta problemática (fig. 5.2).



(a)



(b)

Figura 5.2. Dos fracturas reportadas por el Servicio Geológico Mexicano que ocupan la zona urbana de la cabecera municipal: (a) fractura inactiva en la carretera a Atlacomulco; (b) fractura inactiva en la salida a Talpujahua. En ambos casos no se observan daños ni expresión geomorfológica.

Para el análisis de las zonas con mayor riesgo por el fracturamiento y fallamiento, se realizó el mapa de densidad de lineamiento que muestra la concentración de fallas y fracturas en una determinada área. El resultado muestra que los sectores NW, SE y SW son los más afectados, siendo las localidades de El Oro Hidalgo, Francisco I. Madero, El Capulín, Pueblo Nuevo de los Ángeles, Endotejiare, La Mesa, La Magdalena Morelos, Citeje, San Isidro, Buenavista, Laguna Seca, El Gigante, Santa Rosa de Lima, El Gigante, Agua Escondida, La Nopalera, Cerro Llorón, La Loma de la Cima, Santiago Oxtempan y San Nicolás El Oro.

Las fallas y fracturas en las zonas urbanas generalmente se aprecian a simple vista por problemas de hundimientos diferenciales a lo largo de trazas lineales, que ocasionan daños importantes en obras civiles, tales como cuarteaduras. Sin embargo, en la cabecera municipal no se han observado evidencias en las construcciones de afectaciones por este fenómeno. También es importante aclarar, que si bien las fracturas se expresan geomorfológicamente, la naturaleza rural del municipio, ha permitido que la mayor parte de las fracturas y fallas, se encuentren en zonas donde no afectan a la población, aún en caso de que estuvieran activas.

Conforme a los criterios definidos por la Comisión Reguladora de Energía Atómica de Estados Unidos, las Fallas de El Oro se han identificado como potencialmente sísmicas, ya que han sido generadas por acumulación de esfuerzos y desplazamientos súbitos durante los últimos 35,000 años, y se han encontrado evidencias morfológicas de rupturas durante el Holoceno, pero no hay registro histórico o instrumental de sismicidad asociada a ellas.

No se puede determinar si un sismo reactivaría las fallas del municipio, ni mucho menos de qué magnitud debería de ser para hacerlo, sin embargo, en caso de que así ocurriera, las zonas más afectadas serían las ubicadas en El Oro de Hidalgo, debido a la existencia de áreas susceptibles a deslizamientos y derrumbes, estos últimos por dos procesos: por inestabilidad de las rocas del talud del cerro Somera, y por la existencia de tiros, galerías subterráneas y socavones cerca o debajo del área urbana.

El nivel de riesgo actual en el municipio para este problema es bajo, aunque se debe considerarse que el sector W es la zona más propensa a presentar fracturamiento del subsuelo, debido a las condiciones geológicas de formación del subsuelo y topografía del lugar. Ver mapa 5.2 y 5.3 en el anexo cartográfico.



AGEB / Localidad	Calles / Áreas en riesgo	Grado de Riesgo
1506400010095	Calle Jacinto Salinas, De la Ruleta Tiro Esperanza, Esperanza, 19C	<b>Medio:</b> 5 viviendas <b>Bajo:</b> 1 clínica, 1 escuela.
1506400010108	Calle Jacinto Salinas, Hidalgo, 5 de Febrero, Aldama, Zaragoza, Tiro Norte, Independencia	<b>Medio:</b> 10 viviendas <b>Bajo:</b> 5 viviendas, 1 escuela
1506400010112	Calle Jacinto Salinas	<b>Bajo:</b> 1 vialidad
1506400010127	Calle Quintana Roo, Al Carmen, Monte Alto	<b>Medio:</b> 5 viviendas
1506400010131	Calle Victoria, Barrio Alegre	<b>Alto:</b> 5 viviendas (asociado a deslizamiento)
150640006	Loc. Buenavista	<b>Bajo:</b> 10 viviendas
150640007	Loc. Citeje	<b>Alto:</b> 5 viviendas (asociado a deslizamiento)
150640016	Loc. La Magdalena Morelos	<b>Bajo:</b> 1 vialidad
150640018	Loc. La Nopalera	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640021	Loc. Pueblo Nuevo de los Ángeles	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640026	Loc. Ejido Santiago Oxtempan	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640034	Loc. Cerro Llorón	<b>Bajo:</b> 5 viviendas, 1 escuela
150640047	Loc. Barrio de Las Peñitas	<b>Medio:</b> <5 viviendas
150640057	Loc. Laguna Seca	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640062	Loc. La Loma de la Cima	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640063	Loc. Barrio San Isidro	<b>Bajo:</b> <5 viviendas
150640064	Loc. Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	<b>Bajo:</b> <5 viviendas

Tabla 5.2 Zonificación del Riesgo por Fallas y Fracturas.

## 5.1.2 Sismos

Un sismo o temblor es una sacudida del terreno que se produce debido a una súbita liberación de energía por reacomodos de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. La litosfera está dividida en varias placas, cuya velocidad de desplazamiento es del orden de varios centímetros por año. En los límites entre placas, donde éstas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, o se vencen las fuerzas friccionantes, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el foco (o hipocentro), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la Tierra en todas direcciones. La costa mexicana del Pacífico, y por extensión el Municipio de El Oro, se encuentra afectado por la interacción de dos placas tectónicas.

Los sismos no pueden predecirse; no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, los sismos se presentan en regiones bien definidas a nivel regional y se puede elaborar una estimación de las intensidades máximas esperadas, en función de los antecedentes históricos y la geología local. La sismicidad se refiere al grado de susceptibilidad de un área a presentar sismos, lo cual a su vez está asociado a ciertas condiciones geológicas, tales como posición con respecto a las márgenes de las placas geológicas.



## Peligro sísmico

### Zonificación sísmica

En las bases de datos de sismos del Servicio Sismológico Nacional, no se tienen registros de epicentros en la zona de estudio, por lo el peligro por un sismo con epicentro en el área es bajo. No obstante, los sismos pueden ocurrir a decenas e incluso cientos de kilómetros y causar grandes daños.

De acuerdo con la división de zonas sísmicas en el país por parte de la Comisión Federal de Electricidad, el Municipio de El Oro se ubica en la Zona intermedia B, donde se registran sismos no tan frecuentemente, y las aceleraciones del suelo no sobrepasan el 70%. Esto aunado a su geología local, donde predominan las rocas de origen volcánico, las intensidades esperadas en caso de un sismo son significativamente menores en relación a las que podrían afectar a zonas lacustres.

Debido a que las regiones sísmicas del país son muy extensas, el área de estudio presenta una homogeneidad en esta capa de información. Sin embargo, se emplearon los criterios de la Clasificación de Suelos de la Norma de Construcción Sismoresistente Española NSCE-02 para poder definir las zonas del área de estudio de El Oro que presentan características similares a las velocidades de propagación de ondas sísmicas secundarias reportadas en dicha norma. A través de la comparación de las velocidades de propagación de ondas sísmicas en diversos materiales de origen geológico entre las características geológicas de El Oro y las características descritas en la NSCE-02, se determinó el comportamiento de la velocidad de propagación de ondas sísmicas secundarias ( $V_s$ ) en la zona de estudio, en función de la siguiente tabla (ver también mapa 5.4 en el anexo cartográfico):

Tipo de suelo	Descripción	$V_s$	C
I	Roca compacta, suelo cimentado o granular muy denso	>750	1.0
II	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros	750-400	1.3
III	Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme	400-200	1.6
IV	Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando	<200	2.0

Tabla 5.3 velocidad de propagación de las ondas secundarias en función del tipo de material superficial a 20m.  
Fuente: Norma NSCE-02

### Aceleraciones máximas según tres diferentes periodos de retorno

La aceleración sísmica es una medida de intensidad de los terremotos que consiste en la medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. La unidad de aceleración sísmica es la intensidad del campo gravitatorio ( $1g = 981 \text{ cm/s}^2 = 9.81 \text{ m/s}^2$ ). A diferencia de la escala Richter o la escala de magnitud de momento, la aceleración sísmica no mide la energía total liberada del terremoto, sino la intensidad del sismo en la superficie, por lo que tiene una correlación directa con la escala de Mercalli. La aceleración sísmica se utiliza para establecer normas de construcción y determinar el riesgo sísmico para la infraestructura expuesta. Durante un sismo, el daño en los edificios y las construcciones está relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no directamente con la magnitud del terremoto.

Para el Municipio de El Oro se analizaron las aceleraciones máximas del suelo para tres diferentes periodos de retorno, con la finalidad de conocer el peligro sísmico según diferentes rangos de tiempo. Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado se eligieron los periodos de retorno más



representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años. En ellos se muestran aceleraciones máximas para terreno firme para un periodo de retorno dado (tiempo medio, medido en años, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada).

Los mapas de aceleración sísmica máxima que se muestran a en el anexo cartográfico con los números 5.6, 5.7 y 5.8 son resultado de la elaboración del programa Peligro Sísmico en México (PSM, 1996) realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, y CENAPRED.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 10 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 11 cm/s/s ó 1.12%g, lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de IX grados, o sea, violento con daño potencial fuerte; pánico generalizado, daños considerables en estructuras especializadas, paredes inclinadas, grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales, edificios desplazados fuera de las bases (ver tabla 5.4).

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 100 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 27 cm/s/s ó 2.75%g, lo que implica un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, un sismo extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 500 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 45 cm/s/s en el norte y 135 cm/s/s ó 13.76%g en el sur, lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

Escala de Mercalli (Instrumental)	Aceleración sísmica máxima (%g)	Velocidad sísmica máxima (cm/s)	Percepción del temblor	Daño potencial	Periodo de retorno (años)
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno	ND
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno	ND
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno	ND
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve	ND
VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve	ND
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado	ND
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte	ND
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte	10
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte	100 y/o 500

Tabla 5.4 Correlación entre Escala de Mercalli y Aceleración sísmica, así como periodos de retorno asociados en el municipio de El Oro. Fuente: USGS ShakeMap Scientific Background, elaboración propia.



## Periodos de Retorno para Aceleraciones de 15%g o Mayores

Se sabe que, para los tipos constructivos que predominan en el Municipio de El Oro, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre). Por tal razón, se realizó el mapa de periodos de retorno de aceleraciones de 15%g o mayores utilizando información de la Comisión Federal de Electricidad (ver mapa 5.9 en el anexo cartográfico).

En el estudio realizado por la CFE, el periodo de retorno para eventos con una aceleración de 15%g ó  $147.15 \text{ cm/s}^2$  es de 1000 años, por lo que prácticamente cada milenio se produciría un evento de esa intensidad.

## Vulnerabilidad sísmica de viviendas en las localidades

Se estableció un parámetro para estimar los posibles daños esperados en el municipio de El Oro, definido como índice de vulnerabilidad sísmica  $I_{sb}$ , y que se interpreta como el nivel de susceptibilidad de las viviendas a sufrir un daño en un escenario por un determinado coeficiente sísmico. Los datos se pasaron de intensidad sísmica a coeficiente sísmico para hacer más práctico su manejo y se estableció una variación discreta para hacerla corresponder a la zona sísmica B (a la que pertenece del municipio según la CFE).

Para la elaboración del presente análisis, se tomo como base la metodología de Ramírez de Alba, Pichardo-Lewenstein, Arzate-Cruz (2007) que propusieron un criterio para establecer la vulnerabilidad básica en términos del costo de reparación de las estructuras dañadas, enfocado a la aplicación por municipios en zonas de riesgo y compañías de seguros.

El índice de susceptibilidad de daños por sismo se define de acuerdo a la ecuación 1.

$$I_{sd} = V_b * T_e * E \quad (1)$$

Donde

$I_{sd}$  = Índice de susceptibilidad a daños por sismo

$V_b$  = vulnerabilidad básica

$T_e$  = factor de terreno blando

$E$  = factor de tipología estructural y calidad de construcción

### Cálculo de la vulnerabilidad básica ( $V_b$ )

Con el primer criterio, se pudo observar que para las intensidades más altas de IX en escala Mercalli modificada, se tiene un porcentaje de daños entre 15% y 65%; para intensidades moderadas de VIII entre 10% y 35%; y para intensidades relativamente bajas de VI se tiene entre 1% y 1.5% de estructuras dañadas. Para establecer el daño probable en función del coeficiente sísmico  $c$ , primero se recurre a relaciones que se han propuesto entre intensidad y aceleración, de esta manera la intensidad IX se relaciona con  $500 \text{ cm/seg}^2$ ; la intensidad de VIII con  $350 \text{ cm/seg}^2$  y la de VI con  $60 \text{ cm/seg}^2$ . En este caso,



el coeficiente sísmico corresponde a las aceleraciones del suelo, que para la zona B, la aceleración de respuesta es 3.5 veces la del suelo, esto por la forma de espectro de diseño, o sea,  $c = 0.21$ .

Para valores de  $c$  menores de 0.21 no se tienen datos por lo que se optó por un criterio simple (menor intensidad menor daño), es decir una recta que pasa por el origen hasta el valor correspondiente a 0.21 que es de 0.010 (zona B donde generalmente se manifiestan daños por sismos intensos ocurridos en zonas vecinas). De esta manera, se realizó la ecuación 2.

$$V_b = 0.0476c \quad (2)$$

$$c = 0.21$$

$$V_b = 0.0476 \cdot 0.21 = 0.009996$$

### Cálculo del factor de terreno blando ( $T_e$ )

El factor de terreno blando,  $T_e$ , se calcula con datos geológicos y topográficos, depende del coeficiente sísmico y de una variable que permita estimar si se pueden presentar amplificaciones de los efectos sísmicos debidos a las características del subsuelo, que se denomina  $T_b$ . La fórmula empleada por el método es la ecuación 3.

$$T_e = (1.67c + 1.37) \cdot T_b + 1 \quad (3)$$

Para obtener el coeficiente sísmico,  $c$ , (terreno duro) se recurrió a lo propuesto en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, o sea, 0.14 para la zona B.

La relación  $T_b$  se define como el área de terreno con posibilidades de incrementar los efectos sísmicos al área total. El tabulado de valores propuesto por el método se enlista a continuación:

Características del terreno	$T_b$
Predominio de terrenos altos con valles aluviales antiguos, topografía uniforme.	0.00
Predominio de terrenos aluviales con escasos depósitos de arcilla. O bien depósitos de arcilla consolidados con topografía uniforme.	0.25
Predominio de terrenos aluviales con depósitos significativos de arcilla no consolidados y topografía accidentada.	0.50
Predominio de terrenos aluviales poco consolidados, con zonas significativas cercanas a lechos de ríos o grandes áreas urbanas sobre depósito de arena.	0.75
Predominio de terrenos cerca de costas, lechos de ríos o rellenos sobre antiguos lagos o bien terrenos muy escarpados con propensión a movimiento de taludes.	1.00

Tabla 5.5 Variables sísmicas del Terreno según su topografía. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

En el caso del Municipio de El Oro, y de acuerdo a la cartografía topográfica, de pendientes y geológica, el territorio en su totalidad corresponde a la zona con "Predominio de terrenos cerca de costas, lechos de ríos o rellenos sobre antiguos lagos o bien terrenos muy escarpados con propensión a movimiento de taludes", por lo que  $T_b = 1.00$



Continuando con la ecuación 3:

$$T_e = (1.67c + 1.37) \cdot T_b + 1$$

$$c = 0.14$$

$$T_b = 1.00$$

$$T_e = ((1.67 \cdot 0.14) + 1.37) \cdot (1.00 + 1) = 2.6038$$

### Cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción (E)

Para el cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción, E, se los autores propusieron un criterio empírico, tomando la forma de un factor de amplificación o de reducción según el caso, de acuerdo a la ecuación 4.

$$E = p^x / 1 - p \quad (4)$$

El valor **p**, se define como la relación del número de edificaciones con posible comportamiento insatisfactorio al total de construcciones. Una forma de calcular este valor es a partir de los datos del censo población y vivienda, que consignan tipologías estructurales y construcciones hechas con materiales precarios. En este caso, el municipio embona dentro de la categoría “igual cantidad de estructuras de mampostería reforzada y concreto reforzado respecto a los de adobes y mampostería sin refuerzo” (tabla 5.6).

Para el índice de calidad de construcción, **x**, se utiliza los valores tabulados en la Tabla 5.7., los cuales en el caso de la zona de estudio corresponde a: “Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento”, como un promedio general.

Tipo de estructuras	p
Predominio de estructuras de mampostería reforzada, concreto reforzado y acero estructural, no más de 10% de estructuras con muros de adobe o materiales precarios.	0.1
Igual que el anterior pero con más de 10% de estructuras con muros de adobe o mampostería no reforzada	0.2
Casi igual cantidad de estructuras de mampostería reforzada y concreto reforzado respecto a los de adobes y mampostería sin refuerzo.	0.3
Localidades donde exista predominio de las estructuras cuyos muros sean de adobe, mampostería no reforzada o de materiales precarios.	0.5

Tabla 5.6 Variables de daño sísmico de las estructuras según los materiales de construcción. Fuente: Ramírez de Alba (2007)



Características de la construcción	x
Regiones con reconocida tradición constructiva, uso de materiales controlados y mantenimiento oportuno de las construcciones	1.0
Regiones con calidad de construcción normal, materiales de calidad regular y acciones de mantenimiento generales	0.7
Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento.	0.5
Calidad de construcción muy baja, materiales de construcción de baja resistencia y poca durabilidad, poca cultura de mantenimiento.	0.3
Calidad de construcción excepcionalmente baja, material es precarios y nula atención al mantenimiento.	0.1

Tabla 5.7 Variables sísmicas de los asentamientos según su tipología constructiva. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Volviendo a la ecuación 4:

$$E = p^x / 1 - p$$

$$p = 0.3$$

$$x = 0.5$$

$$E = 0.3^{0.5} / 1 - 0.3 = 0.247722558$$

Aplicando valores en la ecuación 1

$$I_{sd} = V_b * T_e * E$$

$$V_b = 0.009996$$

$$T_e = 2.6038$$

$$E = 0.247722558$$

$$I_{sd} = 0.009996 * 2.6038 * 0.247722558 = 0.00644762$$

Determinación de vulnerabilidad: **baja** en promedio para el municipio de El Oro.



Vulnerabilidad	$I_{sd}$ Rango de valores
Baja	0.0002700 - 0.0793775
Media	0.0793775 - 0.1584800
Alta	0.1584800 - 0.2375920
Muy alta	0.2375920 - 0.3167000

Tabla 5.8 Rangos de vulnerabilidad sísmica de las viviendas según los resultados obtenidos del  $I_{sd}$ . Fuente: Ramírez de Alba (2007)

## Riesgo asociado a Sismicidad

El riesgo potencial asociado a sismos se calculo de acuerdo a la relación de la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico obtenido por la zonificación sísmica de acuerdo a NCSE-02 (ver mapa 5.5 en el anexo cartográfico).

A continuación se indican las localidades de El Oro con riesgo potencial por sismicidad:

AGEB / Localidad	Nombre	Vulnerabilidad Sísmica	Peligro Sísmico	Riesgo Sísmico
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Baja	Medio	Medio
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Baja	Medio	Medio
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Baja	Bajo	Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Baja	Medio	Medio
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Baja	Medio	Medio
150640002	Adolfo López Mateos	Baja	Bajo	Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Baja	Alto	Medio
150640005	Bassoco de Hidalgo	Baja	Bajo	Bajo
150640006	Buenavista	Baja	Bajo	Bajo
150640007	Citeje	Baja	Medio	Medio
150640008	Concepción Primera	Baja	Medio	Medio
150640009	La Concepción	Baja	Medio	Medio
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Baja	Medio	Medio
150640011	Endotejiare	Baja	Medio	Medio
150640014	La Jordana	Baja	Medio	Medio
150640016	La Magdalena Morelos	Baja	Bajo	Bajo
150640017	La Mesa	Baja	Medio	Medio
150640018	La Nopalera	Baja	Bajo	Bajo
150640019	La Palma	Baja	Medio	Medio
150640020	Presa Brockman	Baja	Medio	Medio
150640021	Pueblo Nuevo de los	Baja	Medio	Medio



Ángeles				
150640024	San Nicolás Tultenango	Baja	Bajo	Bajo
150640025	Santa Rosa de Lima	Baja	Medio	Medio
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Baja	Bajo	Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Baja	Alto	Medio
150640028	Tapaxco	Baja	Bajo	Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Baja	Bajo	Bajo
150640030	Estación Tultenango	Baja	Medio	Medio
150640031	Venta del Aire	Baja	Bajo	Bajo
150640033	Yomeje	Baja	Medio	Medio
150640034	Cerro Llorón	Baja	Medio	Medio
150640035	Barrio Del Gigante	Baja	Medio	Medio
150640036	El Mogote	Baja	Bajo	Bajo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Baja	Bajo	Bajo
150640045	Barrio La Estrellita	Baja	Bajo	Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Baja	Medio	Medio
150640048	San Nicolás El Oro	Baja	Medio	Medio
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Baja	Medio	Medio
150640052	La Soledad	Baja	Bajo	Bajo
150640055	El Carmen	Baja	Medio	Medio
150640057	Laguna Seca	Baja	Medio	Medio
150640061	Colonia Monte Alto	Baja	Medio	Medio
150640062	La Loma de la Cima	Baja	Bajo	Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Baja	Medio	Medio
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Baja	Medio	Medio

Tabla 5.9 Zonificación del Riesgo sísmico.



### 5.1.3 Tsunamis o maremotos

Los Tsunamis son series de olas de gran longitud de onda que aparecen en el agua por el desplazamiento de un gran volumen de material dentro de un océano. Los eventos detonantes son los terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra e impactos de meteoritos. El impacto de los tsunamis se limita a las zonas costeras, por lo que en el caso del Municipio de El Oro, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 275 km de distancia a la costa más cercana.

### 5.1.4 Vulcanismo

El vulcanismo es un conjunto de fenómenos geológicos resultantes de la expulsión de materiales desde la corteza terrestre a la superficie, debido a la presión y posterior liberación por medio de fisuras en las rocas. Los fenómenos asociados a vulcanismo abarcan desde fluidos de lava, hasta caída de ceniza, incluyendo flujos piroclásticos, caída de materiales como tefra y bombas, lahares, y deslizamientos, por mencionar sólo los más representativos.

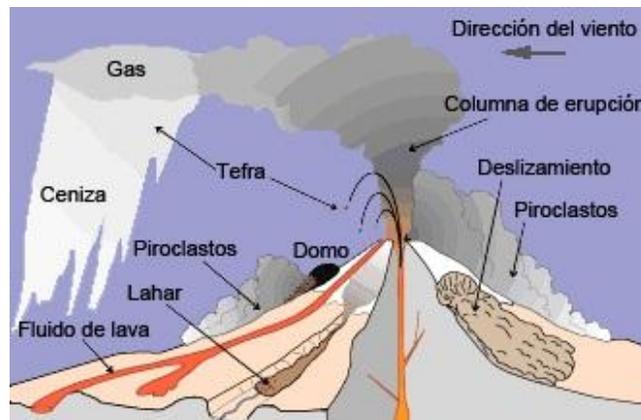


Fig. 5.3 Representación gráfica de los múltiples fenómenos peligrosos asociados al vulcanismo. Fuente: U.S.G.S.

El Municipio de El Oro se encuentra en el campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, por lo que el territorio municipal es susceptible a la aparición de nuevos volcanes, o a la erupción de los volcanes activos cercanos. Sin embargo, no es posible determinar mediante ningún método, la aparición de un nuevo volcán en una zona geográfica dada, ni predecir un evento eruptivo de un volcán activo. Por otro lado, antes de una erupción, los volcanes presentan disturbios precursores que si se detectan y analizan a tiempo permiten anticiparse a las erupciones y prevenir a las comunidades en riesgo implementando planes de emergencia y medidas de mitigación.

Para la elaboración del mapa de peligro volcánico del municipio de El Oro, se siguió la metodología del CENAPRED, que en resumen consiste en lo siguiente:

1. Identificación de volcanes activos a menos de 100 km de la zona de interés
2. Reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes detectados
3. Determinar las amenazas volcánicas, e identificar si afectan el área de interés



## *Peligro por vulcanismo*

Se detectaron tres volcanes activos a menos de 100 Km de distancia del municipio de El Oro, los cuales son el Xocotépetl, el Nevado de Toluca, y el Guangoche (Los Azufres). De los tres volcanes activos a menos de 100 km de distancia se realizó una investigación documental para obtener los registros relacionados con peligros. Adicionalmente, se identificaron 14 volcanes monogenéticos (inactivos) en las cercanías o dentro del municipio, de los cuales se realizó una reconstrucción de su comportamiento eruptivo, lo cual sirvió para identificar la posible magnitud de un evento similar dentro o muy cercano al municipio, en caso de que naciera otro volcán en la zona. Los resultados se presentan a continuación.

### **Xocotépetl**

El Volcán Xocotépetl (también conocido como Jocotitlán) se encuentra a 25km del punto más cercano al municipio de El Oro y a 40km de la cabecera municipal, tiene una elevación de 3,920 msnm y forma parte del grupo de volcanes activos del Eje Neovolcánico Transversal. El Xocotépetl es un estratovolcán que ha presentado, al menos, dos episodios eruptivos ocurridos en los últimos 10 mil años. El más reciente sucedió hace menos de mil años, se estima que pudo haber ocurrido entre 1100 y 1300 d.C. Es de categoría 2 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Se estima que en caso de que este volcán presentara un nuevo evento eruptivo, los flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y deslizamientos no afectarían al municipio de El Oro debido a la presencia de los cerros Cabeza de Mujer y Carambullo. Sin embargo, si podría haber una afectación derivada de caída de ceniza, dependiendo de la dirección del viento y magnitud de la erupción. Con base en lo anterior, y debido a que este volcán no ha presentado actividad en los últimos 900 años, se estima que el peligro que representa para el municipio de El Oro es bajo.

### **Nevado de Toluca**

El volcán Nevado de Toluca se encuentra a 77km del punto más cercano al municipio de El Oro y a 85km de la cabecera municipal, es un estratovolcán con una altitud de 4680 msnm que a lo largo de su historia geológica ha tenido erupciones violentas acompañadas de flujos piroclásticos, lahares, avalanchas, caída de cenizas y pómez. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Durante los últimos 50,000 años, este volcán ha presentado al menos ocho erupciones vesubianas, cuatro plinianas, una ultrapliniana, y tres erupciones acompañadas de la destrucción de domos. Además, en los últimos 100,000 años han presentado dos avalanchas de escombros. El volcán Nevado de Toluca se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso.

El Instituto de Geofísica de la UNAM, determinó con base en el estudio de los productos eruptivos emitidos por el Nevado de Toluca, que los flujos piroclásticos representan el peligro volcánico más importante, por su frecuencia y por el área que han cubierto en las erupciones pasadas. Después están los lahares, seguidos por la caída de cenizas y finalmente las avalanchas de escombros. Mediante un análisis que se plasmó en cartografía de riesgos, se determinó que ningún evento eruptivo podría afectar más allá del Valle de Toluca, por lo que se descarta totalmente una afectación al municipio en caso de un evento eruptivo, es decir, el peligro que representa para el territorio de El Oro es bajo (fig. 5.4).

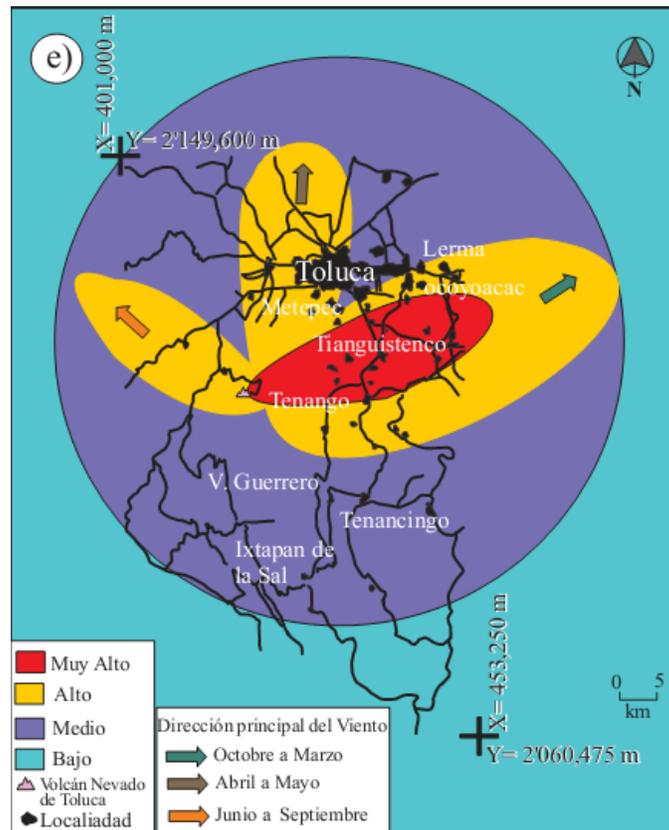


Figura 5.4 Mapa de peligros volcánicos del volcán Nevado de Toluca, donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de El Oro, ubicado a 77km al N. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

## Guangoche

El Guangoche es un estratovolcán (2,760 msnm) con un cráter en forma de herradura abierto al S-SO y un domo central, que se localiza en el sector suroeste del Campo Volcánico de Los Azufres. Este volcán ha presentado actividad muy diversa, en particular, en los últimos 30,000 años ha experimentado erupciones explosivas que han originado seis depósitos piroclásticos denominados Secuencia Piroclástica Blanca (SPB), Flujo de Bloques y Ceniza Agua Blanca (FBCAB), Flujo Piroclástico Cuchipitio (FPC), Secuencia Piroclástica Ocre inferior (SPOI), Pómez Ocre (PO) y Pómez Estratificada (PE). De estos depósitos resaltan las secuencias SPB, SPOI, PO y PE, ya que fueron producidas por erupciones de tipo pliniano y subpliniano. La secuencia SPB fue emplazada hacia el este del volcán Guangoche, cubriendo un área de 223km<sup>2</sup> con la isopaca de 15cm, la columna eruptiva correspondiente a este depósito alcanzó 23km de altura, emitiendo un volumen de 0.7km<sup>3</sup> de magma, con una tasa de emisión de 9 x 10<sup>7</sup>kg/s, con una duración de 5 horas. Para el caso de la PO, el material piroclástico fue dispersado hacia NO y N del volcán Guangoche, cubrió un área de 86km<sup>2</sup> con la isopaca de 50cm, emitido por una columna eruptiva de 16 km de altura, expulsando 0.5km<sup>3</sup> de magma, con una tasa de emisión de 1.9 x 10<sup>7</sup>kg/s y una duración de 19 horas. Por otro lado, el material piroclásticos arrojado durante la erupción que dio origen a la PE fue dispersado hacia el E y N-NO del volcán, cubriendo un



área aproximada  $104\text{km}^2$  con la isopaca de 30cm. Así mismo, esta erupción originó una columna eruptiva de 11km de altura, la cual expulsó  $0.4\text{km}^3$  de magma, con una tasa de emisión de  $4.7 \times 10^6$  kg/s y una duración de 57.3 horas.

En el caso de este volcán, el peligro es bajo para las zonas cercanas incluyendo al Municipio de El Oro.

### ***Volcanes inactivos locales***

En el municipio de El Oro, se ubican aparatos volcánicos como: Cerro El Pelón, la Presa, El Nopal, El Varal, El Mocajete, La Tuna, La Cruz, Yoije, Songo, El Campanario, Caldera El Capulín, Somera y El Polvillo.

Estos aparatos volcánicos muestran una variedad litológica en los depósitos emitidos. La mayoría se corresponden con materiales volcánicos de composición básica (lavas andesíticas y depósitos volcánicos de esta misma constitución) y depósitos de composición ácida (lavas riolíticas y depósitos volcánicos consolidados y no consolidados), estos últimos emitidos en una fase caldérica (Caldera el Capulín), además de rocas de composición sedimentaria, metamórfica y vulcano-sedimentarias.

Las secuencias de lava se detectaron en la zona este, y suroeste del municipio, conformando las laderas de los cerros que se ubican en esa porción del territorio; por otro lado, los flujos piroclásticos se ubicaron en la zona centro, sobre el área de colinas (ver mapa 5.10 en el anexo cartográfico).

Para la reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes analizados, se realizó el trazado de unidades morfogénicas por medio de imágenes satelitales y ortofotos de la región, con base al método de Verstappen.

### ***Vulnerabilidad por vulcanismo***

El municipio de El Oro, al igual que la mayoría de los pueblos y ciudades del centro del país, no está preparado para enfrentar fenómenos naturales de la envergadura de un evento volcánico, por lo que invariablemente sufriría un cierto grado de afectación a sus actividades económicas, aunque menor a zonas urbanas de ciudades medias. Por tanto, El Oro es un municipio de vulnerabilidad moderada a los fenómenos volcánicos.

### ***Riesgo por vulcanismo***

A pesar de que los peligros por fenómenos volcánicos son bajos para el Municipio de El Oro, se estima que el **riesgo general es BAJO**, debido a las siguientes consideraciones:

- Alta vulnerabilidad a los fenómenos volcánicos.
- Peligro Bajo en la zona y en particular en el territorio municipal.



## 5.1.5 Deslizamientos

Los deslizamientos del terreno se definen como “*Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable*”<sup>1</sup>. Son reconocidos dos tipos principales de deslizamientos:

- i) **Rotacionales** (con una superficie principal de falla cóncava que ocurren muy a menudo en suelos arcillosos blandos, o bien, en formaciones de rocas blandas); y,
- ii) **Traslacionales** (en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo a lo largo de una superficie más o menos plana, con muy poco o un movimiento nulo de rotación o volteo). Aunque también se pueden desarrollar como:
- iii) **Expansiones o desplazamientos laterales** (movimientos de masas térreas que tienen lugar en pendientes muy suaves y dan como resultado desplazamientos casi horizontales, causados frecuentemente por licuación de materiales sueltos y saturados ante los efectos de un sismo) y movimientos complejos (resultantes de la transformación del movimiento inicial en otro tipo de movimiento al ir desplazándose ladera abajo, siendo los más comunes y llegan a ocasionar cuantiosas pérdidas).

### Peligro por deslizamientos

Se representaron zonas propensas a deslizamientos en el territorio de El Oro y en los municipios aledaños. Para determinar niveles de susceptibilidad a éste tipo de remoción en masa fue necesario el desarrollo de diversas capas de información (pendientes diferenciadas por el grupo de 30° a 60°, litología, erosión, densidad de disección del terreno y densidad de lineamiento) que, relacionadas permitieron estimar un índice para la susceptibilidad o propensión a deslizamientos.

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles o propensas a deslizamientos, y los criterios empleados, fueron los siguientes:

- 1) Zonas del terreno con pendientes entre 30° y 60°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a deslizamientos: rocas volcánicas, depósitos volcánicos-rocas metamórficas y rocas sedimentarias-metamórficas;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio El Oro y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo y zonas con cubierta vegetal escasa (la superficie catalogada como cuerpo de agua no se consideró dentro de los criterios de la capa y para la presente metodología se ponderó con valores nulos);
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los

<sup>1</sup> En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 6 y 7.



valores de 0.00-4.02, con las siguientes categorías: baja (0.00-2.33), media (2.33-2.92) y alta (2.92-4.02); y

- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en  $\text{km}^2$ , que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0000-3.8145, con las siguientes categorías: baja (0.0000-0.0759), media (0.0759-1.0568) y alta (1.0568-3.8145).

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión al deslizamiento del terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de El Oro, el terreno presenta una mayor susceptibilidad al deslizamiento en aquellos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
<b>Pendiente</b>	-----	30° - 45°	45° - 60°
<b>Litología</b>	Andesita Basalto Riolita	-Ignimbrita -Meta-Andesita -Toba Andesítica- Andesita	-Metacaliza-Metalutítica -Metavulcano-Sedimentario -Conglomerado Pumicitico- Arenisca
<b>Superficies De Erosión Potencial</b>	Zona Con Cubierta Vegetal Zona De Cultivo	Banco De Material	Zona Con Cubierta Vegetal Escasa
<b>Densidad De Disección</b>	0 – 2.33	2.33 – 2.92	2.92 – 4.02
<b>Densidad De Lineamiento</b>	0.0000 – 0.0165	0.0165 – 0.5545	0.5545 – 3.8146

Tabla 5.10 Elementos que inciden en los deslizamientos de ladera, así como su intensidad relativa.

Las formaciones litológicas de aluvión, lacustre y unidades volcánicas 1, 2 y 3 se ponderaron con equivalencias a cero (0) debido a sus características de formación y de ubicación. Las litologías de aluvión y lacustre se encuentran en su mayor parte en zonas de planicie en las cuales no se llevan a cabo procesos de remoción en masa. Sirven como zonas de deposición o de recepción de materiales producto de los agentes erosivos. Por su parte, se desconocen los tipos de materiales de las unidades volcánicas 1, 2 y 3, por lo que no se pudieron definir sus respectivas características de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa.



Elemento	Ponderación de la intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	2	3
Litología	1	2	3
Superficies de erosión potencial	1	2	3
Densidad de disección	1	2	3
Densidad de lineamiento	1	2	3

Tabla 5.11 Ponderación de la intensidad del peligro de deslizamiento.

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a deslizamientos de terreno en la zona de estudio del municipio El Oro se determinó por 11 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.0447**): comprende valores de pendiente de 30° a 45°, materiales geológicos de aluvión y unidad volcánica 1 (desconocida), la superficie de exposición a la erosión es zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja y densidad de lineamiento baja;
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.0536**): tiene valores de pendiente de 30° a 60°, los materiales geológicos que se encuentran en la zona de este nivel son aluvión, lacustre, basalto, unidades volcánicas 1, 2 y 3 (desconocidas), la superficie de exposición a la erosión es zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección del terreno baja y media y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.0626**): posee valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de aluvión, lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, unidades volcánicas 1, 2 y 3 (desconocidas), superficies de exposición a la erosión de zona de cultivo, zona con cubierta vegetal escasa y zona con cubierta vegetal, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.0715**): comprende valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, unidades volcánicas 1, 2 y 3, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.0805**): tiene valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, ignimbrita, unidad volcánica 3 (desconocida), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.0894**): posee valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metaAndesita, lacustre, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, ignimbrita, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;



- Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.0984**): comprende valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metaAndesita, lacustre, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto e ignimbrita, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.1073**): tiene valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, metaAndesita, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, riolita, basalto, ignimbrita y lacustre, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice **0.1163**): posee valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, ignimbrita, riolita y basalto, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 10 (Valor del Índice **0.1252**): comprende valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita e ignimbrita, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección alta y densidad de lineamiento alta; y,
- Nivel de susceptibilidad 11 (Valor del Índice **0.1342**): siendo el nivel de mayor intensidad, tiene valores de pendiente de 45° a 60°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario y conglomerado pumicítico-arenisca, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección alta y densidad de lineamiento alta.

A partir de la definición de los niveles de susceptibilidad o propensión a deslizamientos de terreno en El Oro se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro (ver mapa 5.11 en el anexo cartográfico)..

Nivel	Índice	Categoría de intensidad – susceptibilidad a deslizamientos				
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.0447	X				
2	0.0536	X				
3	0.0626	X				
4	0.0715	X				
5	0.0805		X			
6	0.0894			X		
7	0.0984				X	
8	0.1073				X	
9	0.1163					X
10	0.1252					X
11	0.1342					X



Tabla 5.12 categorías de intensidad de deslizamientos en función del índice obtenido.

## Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento de laderas

La vulnerabilidad de las construcciones, viviendas e infraestructura del Municipio de El Oro se estima de forma cualitativa como vulnerabilidad alta: es decir, en el caso de que una casa se encuentre en una zona susceptible a presentar deslizamientos, se considera que una construcción promedio va a sufrir un daño directamente proporcional a la magnitud del deslizamiento.



Fig 5.5. Ladera del cerro Somera con susceptibilidad a deslizamientos; en su parte baja se aprecia a la cabecera municipal.

Con base a lo anteriormente expuesto, se estima un **riesgo ALTO** en general. Para un desglose detallado, el riesgo se zonificó de la siguiente manera (ver mapa 5.12 y 5.13 en el anexo cartográfico):

AGEB / Localidad	Nombre	Vulnerabilidad (exposición)	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
150640002	Adolfo López Mateos	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640005	Bassoco de Hidalgo	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640006	Buenavista	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640007	Citeje	Alta	Alto	Alto
150640008	Concepción Primera	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640009	La Concepción	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Vulnerabilidad (exposición)	Peligro	Riesgo
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640011	Endotejiare	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640014	La Jordana	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Baja	Bajo	Bajo
150640017	La Mesa	Media	Medio	Medio
150640018	La Nopalera	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640019	La Palma	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640020	Presa Brockman	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640024	San Nicolás Tultenango	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640025	Santa Rosa de Lima	Media	Medio	Medio
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640028	Tapaxco	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Baja	Bajo	Bajo
150640030	Estación Tultenango	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640031	Venta del Aire	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640033	Yomeje	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640034	Cerro Llorón	Media	Medio	Medio
150640035	Barrio Del Gigante	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640036	El Mogote	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640045	Barrio La Estrellita	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640048	San Nicolás El Oro	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Media	Medio	Medio
150640052	La Soledad	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640055	El Carmen	Alta	Alto	Alto
150640057	Laguna Seca	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640061	Colonia Monte Alto	Media	Medio	Medio
150640062	La Loma de la Cima	Muy Baja	Muy Bajo	Muy Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Media	Medio	Medio
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Media	Medio	Medio

Tabla 5.13 Zonificación del Riesgo por deslizamiento de laderas.



## 5.1.6 Derrumbes

También conocidos como <caídos>, “...son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente en caída libre, rodando y rebotando”<sup>2</sup>. Presentan ruptura y desprendimiento de materiales en forma brusca y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa “en seco”. La mayor parte del transporte de los materiales se da en el medio aéreo, pero como se mencionó, la componente de salto y rodamiento es importante. Son difíciles de detectar en virtud de que no presentan signos precursores que los anuncien y son distintos factores exógenos los que los originan, entre ellos: sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones y vegetación arbórea sobre macizo rocoso<sup>3</sup>.

### Peligros por Derrumbes

Se representan las zonas propensas a derrumbes dentro de la demarcación de El Oro y sus colindancias. Éste movimiento de remoción en masa no se presenta en grandes extensiones debido a que la pendiente que facilita los derrumbes son superiores a los 60 grados y las superficies con éstos valores son reducidas en el municipio.

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles o propensas a derrumbes, y los criterios empleados, fueron los siguientes:

- 1) Zonas del terreno con pendientes mayores a 60°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en pares de menor a mayor susceptibilidad a derrumbes: lacustre, basalto, metacaliza-metalutita, aluvión, ignimbrita, metavulcano-sedimentario, meta-andesita, conglomerado pumicitico –arenisca, andesita, toba andesítica-andesita, riolita, unidad volcánica 1,2 y 3;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio del Oro Hidalgo y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo, bancos de material y zonas con cubierta vegetal escasa (la superficie catalogada como cuerpo de agua no se consideró dentro de los criterios de la capa y para la presente metodología se ponderó con valores nulos);
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0-1.22, con las siguientes categorías: baja (0-2.33), media (2.33-2.92) y alta (2.92-4.02); y
- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0000-3.8146, con las siguientes categorías: baja (0.0000-0.1098), media (0.1098-0.7304) y alta (0.7304-2.5332).

<sup>2</sup> En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, p. 5.

<sup>3</sup> En Proyecto MET-ALARN. Inestabilidad de Laderas. Mapas de amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración. Ed. INETER-COSUDE. Managua, 2005, p. 16.



A través de la construcción de una variable nominal con la ponderación de los valores de cada elemento considerado, se estimó un índice de susceptibilidad o propensión a derrumbes. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de El Oro, el terreno presenta una mayor susceptibilidad a derrumbes en aquéllos sitios donde el rango de pendiente que involucra coincide con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno, según los siguientes cuadros:

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
<b>Pendiente</b>	-----	-----	>60°
<b>Litología</b>	-metacaliza-metalutítica -metavulcano-sedimentario -conglomerado pumicitico-arenisca	-ignimbrita -meta-andesita -toba andesítica-andesita	Andesita Basalto Riolita
<b>Superficies de erosión potencial</b>	Zona con cubierta vegetal Zona de cultivo	Banco de material	Zona con cubierta vegetal escasa
<b>Densidad de disección</b>	0 – 2.33	2.33 – 2.92	2.92 – 4.02
<b>Densidad de lineamiento</b>	0.0000 – 0.0165	0.0165 – 0.5545	0.5545 – 3.8146

Tabla 5.14 Elementos que inciden en los derrumbes, así como su intensidad relativa.

Las formaciones litológicas de aluvión, lacustre y unidades volcánicas 1, 2 y 3 se ponderaron con equivalencias a cero (0) debido a sus características de formación y de ubicación. Las litologías de aluvión y lacustre se encuentran en su mayor parte en zonas de planicie en las cuales no se llevan a cabo procesos de remoción en masa. Sirven como zonas de deposición o de recepción de materiales producto de los agentes erosivos. Por su parte, se desconocen los tipos de materiales de las unidades volcánicas 1, 2 y 3, por lo que no se pudieron definir sus respectivas características de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa.

Elemento	Ponderación de la intensidad		
	Baja	Media	Alta
<b>Pendiente</b>	-----	-----	3
<b>Litología</b>	1	2	3
<b>Superficies de erosión potencial</b>	1	2	3
<b>Densidad de disección</b>	1	2	3
<b>Densidad de lineamiento</b>	1	2	3

Tabla 5.15 Ponderación de la intensidad del peligro de derrumbe.

De la relación entre estas cinco variables se calculó un índice de susceptibilidad a derrumbes ( $I_{suscDrr}$ ) definido por la siguiente fórmula:

$$I_{suscDrr} = \frac{N_{suscDrr_i}}{\sum N_{suscDrr_i}} \times 100$$



Donde:

$I_{suscDrr}$  : Índice de susceptibilidad a derrumbes;

$$N_{suscDrr_i} = p_i + l_i + e_i + dt_i + dl_i$$

$N_{suscDrr_i}$  : nivel de susceptibilidad a derrumbes en la zona  $i$ ;

$p_i$  : ponderación del valor de la pendiente del terreno en la zona  $i$ ;

$l_i$  : ponderación de la susceptibilidad de la litología en la zona  $i$ ;

$e_i$  : ponderación de la susceptibilidad potencial de las superficies de erosión en la zona  $i$ ;

$dt_i$  : ponderación de la intensidad de la densidad de disección del terreno en la zona  $i$ ; y,

$dl_i$  : ponderación de la intensidad de la densidad de lineamiento en la zona  $i$ .

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a derrumbes en la zona de estudio del municipio del oro se determinó por 8 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.3538**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal ; disección media y baja ; densidad del lineamiento media y baja ; Toba andesítica-andesita y Unidad Volcánica 3.
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.3980**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal y zona de cultivo ; disección media y baja ; densidad de lineamiento media y baja ; Toba andesítica-andesita.
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.4422**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal y zona de cultivo ; disección media y baja ; densidad de lineamiento alta, media y baja ; Toba andesítica-andesita, Basalto, Riolita y Metacaliza-metalutítica.
- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.4865**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal escasa, zona con cubierta vegetal y zona de cultivo ; disección alta, media y baja ; densidad de lineamiento alta, media y baja. Toba andesítica-andesita, Basalto, Metavolcano-sedimentario, Andesita y Riolita.
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.5307**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo ; disección alta, media y baja ; densidad de lineamiento alta, media y baja. Toba andesítica-andesita, Basalto, Andesita, Riolita.
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.5749**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo ; disección alta, media y baja ; densidad de lineamiento alta y media ; Toba andesítica-andesita, Basalto, Ignimbrita y Riolita.
- Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.6191**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal escasa ; disección alta y media ; densidad de lineamiento media y alta ; Toba andesítica-andesita, Basalto, Ignimbrita, Riolita.
- Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.6634**) ; pendiente  $>60^\circ$  ; zona con cubierta vegetal escasa ; disección alta ; densidad de lineamiento alta ; Riolita y Basalto.



A partir de la definición de los niveles de susceptibilidad o propensión a derrumbes en El Oro se construyeron 8 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro (ver mapa 5.14 en el anexo cartográfico)..

Nivel	Índice	Categoría de intensidad – susceptibilidad a derrumbes		
		Baja	Media	Alta
1	0.3538	X		
2	0.3981	X		
3	0.4423	X		
4	0.4865		X	
5	0.5307		X	
6	0.5750		X	
7	0.6192			X
8	0.6634			X

Tabla 5.16 categorías de intensidad de derrumbes en función del índice obtenido.

## Vulnerabilidad y riesgo por derrumbes

La vulnerabilidad de las construcciones, viviendas e infraestructura del Municipio de El Oro a fenómenos de derrumbes es alta para las viviendas que se encuentran sobre y bajo los escarpes, debido a que independientemente de la calidad de los materiales usados en su construcción, por consecuencia física de un movimiento de caída libre de un talud, cualquier casa o edificación sufriría una destrucción proporcional a la distancia de los materiales derrumbados.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5.6 Áreas susceptibles a derrumbes: (a) talleres y (b), viviendas; (c) y (d), laderas del cerro Somera

El riesgo por derrumbe en general es **BAJO**, salvo en la cabecera municipal donde es **MUY ALTO**; la zonificación a detalle se presenta en el mapa 5.15 del anexo cartográfico y se enlista a continuación:

AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
150640002	Adolfo López Mateos	Muy Bajo	Muy Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640005	Bassoco de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
150640006	Buenavista	Muy Bajo	Muy Bajo
150640007	Citeje	Muy Bajo	Muy Bajo
150640008	Concepción Primera	Muy Bajo	Muy Bajo
150640009	La Concepción	Muy Bajo	Muy Bajo
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Muy Bajo	Muy Bajo
150640011	Endotejiare	Medio	Bajo
150640014	La Jordana	Muy Bajo	Muy Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Muy Bajo	Muy Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
150640017	La Mesa	Medio	Bajo
150640018	La Nopalera	Muy Bajo	Muy Bajo
150640019	La Palma	Muy Bajo	Muy Bajo
150640020	Presa Brockman	Muy Bajo	Muy Bajo
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Muy Bajo	Muy Bajo
150640024	San Nicolás Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640025	Santa Rosa de Lima	Muy Bajo	Muy Bajo
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Muy Bajo	Muy Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Muy Bajo	Muy Bajo
150640028	Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Muy Bajo	Muy Bajo
150640030	Estación Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640031	Venta del Aire	Muy Bajo	Muy Bajo
150640033	Yomeje	Muy Bajo	Muy Bajo
150640034	Cerro Llorón	Muy Bajo	Muy Bajo
150640035	Barrio Del Gigante	Muy Bajo	Muy Bajo
150640036	El Mogote	Muy Bajo	Muy Bajo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo
150640045	Barrio La Estrellita	Muy Bajo	Muy Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Muy Bajo	Muy Bajo
150640048	San Nicolás El Oro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Medio	Bajo
150640052	La Soledad	Muy Bajo	Muy Bajo
150640055	El Carmen	Alto	Medio
150640057	Laguna Seca	Muy Bajo	Muy Bajo
150640061	Colonia Monte Alto	Muy Bajo	Muy Bajo
150640062	La Loma de la Cima	Muy Bajo	Muy Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Muy Bajo	Muy Bajo

Tabla 5.17 Zonificación del Riesgo por derrumbes.



## 5.1.7 Flujos

Son definidos como “*Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas ladera abajo, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla...*”<sup>4</sup>. Pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos. Principalmente se distinguen:

- i. **Flujos de lodo**, masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas;
- ii. **Flujos o avalancha de suelos y rocas**, movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan partículas sueltas, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua atrapados, formando una masa viscosa o francamente fluida que se mueve pendiente abajo. Dichos movimientos también son conocidos como flujos de escombros; y,
- iii. **Lahares**, flujo de suelos o detritos que se originan en el talud de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, por rotura de represas o desbordamiento de agua represada y/o por la ocurrencia de sismos.

## Peligro por Flujos

Se generaron áreas que representan zonas propensas a flujos en la zona de estudio. Pueden presentarse como flujos de lodo, avalanchas de suelos y rocas o lahares. Para estimar su índice se utilizaron las mismas variables y criterios que se emplearon para los deslizamientos (a excepción del grupo de pendiente donde tiene ocurrencia), ya que son los mismos factores que determinan la probable ocurrencia del fenómeno geológico.

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles a flujos fueron los siguientes:

- 1) Zonas del terreno con pendientes entre 15° y 45°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a flujos: rocas volcánicas, depósitos volcánicos-rocas metamórficas y rocas sedimentarias-metamórficas;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio El Oro y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo y zonas con cubierta vegetal escasa (la superficie catalogada como cuerpo de agua no se consideró dentro de los criterios de la capa y para la presente metodología se ponderó con valores nulos);
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-4.02, con las siguientes categorías: baja (0.00-2.33), media (2.33-2.92) y alta (2.92-4.02); y

<sup>4</sup> En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 5.



- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en  $\text{km}^2$ , que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0000-3.8145, con las siguientes categorías: baja (0.0000-0.0759), media (0.0759-1.0568) y alta (1.0568-3.8145).

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión a flujos sobre el terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de El Oro, el terreno presenta una mayor susceptibilidad a flujos en aquéllos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
<b>Pendiente</b>	-----	15° - 30°	30° - 45°
<b>Litología</b>	Andesita Basalto Riolita	-ignimbrita -meta-andesita -toba andesítica- andesita	-metacaliza-metalutítica -metavulcano-sedimentario -conglomerado pumicitico- arenisca
<b>Superficies de erosión potencial</b>	Zona con cubierta vegetal Zona de cultivo	Banco de material	Zona con cubierta vegetal escasa
<b>Densidad de disección</b>	de 0 – 2.33	de 2.33 – 2.92	de 2.92 – 4.02
<b>Densidad de lineamiento</b>	de 0.0000 – 0.0165	de 0.0165 – 0.5545	de 0.5545 – 3.8146

Tabla 5.18 Elementos que inciden en los flujos, así como su intensidad relativa.

Las formaciones litológicas de aluvión, lacustre y unidades volcánicas 1, 2 y 3 se ponderaron con equivalencias a cero (0) debido a sus características de formación y de ubicación. Las litologías de aluvión y lacustre se encuentran en su mayor parte en zonas de planicie en las cuales no se llevan a cabo procesos de remoción en masa. Sirven como zonas de deposición o de recepción de materiales producto de los agentes erosivos. Por su parte, se desconocen los tipos de materiales de las unidades volcánicas 1, 2 y 3, por lo que no se pudieron definir sus respectivas características de susceptibilidad a los procesos de remoción en masa.

Elemento	Ponderación de la intensidad		
	Baja	Media	Alta
<b>Pendiente</b>	-----	2	3
<b>Litología</b>	1	2	3
<b>Superficies de erosión potencial</b>	1	2	3
<b>Densidad de disección</b>	1	2	3
<b>Densidad de lineamiento</b>	1	2	3

Tabla 5.19 Ponderación de la intensidad del peligro de flujo.



De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a flujos de terreno en la zona de estudio del municipio de El Oro se determinó por 11 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.0291**): comprende valores de pendiente de 15° a 30°, materiales geológicos de aluvión y unidad volcánica 1 (desconocida), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja y media y densidad de lineamiento baja;
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.0349**): tiene valores de pendiente de 15° a 45°, los materiales geológicos que se encuentran en la zona de este nivel son aluvión, lacustre, riolita, basalto y unidades volcánicas 1,2 y 3 (desconocidas), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección del terreno baja y media y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.0467**): posee valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de aluvión, lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto y unidades volcánicas 1, 2 y 3 (desconocidas), superficies de exposición a la erosión de zona de cultivo, zona con cubierta vegetal y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.0465**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de aluvión, lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, ignimbrita y unidades volcánicas 1, 2 y 3 (desconocidas), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.0524**): tiene valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de aluvión, lacustre, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, ignimbrita y unidades volcánicas 1 y 3 (desconocidas), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.0582**): posee valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metaAndesita, lacustre, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto, ignimbrita y unidad volcánica 3 (desconocida), superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.0640**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metaAndesita, lacustre, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, basalto e ignimbrita, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.0698**): tiene valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, metaAndesita, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, andesita, riolita, ignimbrita, lacustre y basalto, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, zona con cubierta



vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;

- Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice **0.0757**): posee valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, ignimbrita, riolita, metaAndesita y basalto, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 10 (Valor del Índice **0.0815**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario, conglomerado pumicítico-arenisca, toba andesítica-andesita, ignimbrita y riolita, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento media y alta; y,
- Nivel de susceptibilidad 11 (Valor del Índice **0.0873**): siendo el nivel de mayor intensidad, tiene valores de pendiente de 30° a 45°, materiales geológicos de metacaliza-metalutítica, metavolcano-sedimentario y conglomerado pumicítico-arenisca, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección alta y densidad de lineamiento alta.

A partir de la definición de los niveles de susceptibilidad o propensión a flujos de terreno en El Oro se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro (ver mapa 5.16 en el anexo cartográfico)..

Nivel	Índice	Categoría de intensidad – susceptibilidad a flujos				
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.0291	X				
2	0.0349	X				
3	0.0407	X				
4	0.0465		X			
5	0.0524		X			
6	0.0582			X		
7	0.0640				X	
8	0.0698				X	
9	0.0757					X
10	0.0815					X
11	0.0873					X

Tabla 5.20 categorías de intensidad de flujos en función del índice obtenido.

## Vulnerabilidad y riesgo por flujos

La vulnerabilidad de la población en El Oro es alta debido a que los métodos de construcción de las viviendas no impide que en el caso de lluvias extraordinarias no sufran afectaciones por flujos en su diversas modalidades.

En base a lo anterior, se estima la siguiente zonificación de riesgo (ver mapa 5.17 en el anexo cartográfico):



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Muy Alto	Muy Alto
150640002	Adolfo López Mateos	Muy Bajo	Muy Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640005	Bassoco de Hidalgo	Bajo	Bajo
150640006	Buenavista	Muy Bajo	Muy Bajo
150640007	Citeje	Alto	Alto
150640008	Concepción Primera	Bajo	Bajo
150640009	La Concepción	Bajo	Bajo
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Muy Bajo	Muy Bajo
150640011	Endotejiare	Medio	Medio
150640014	La Jordana	Muy Bajo	Muy Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Medio	Medio
150640017	La Mesa	Alto	Alto
150640018	La Nopalera	Muy Bajo	Muy Bajo
150640019	La Palma	Muy Bajo	Muy Bajo
150640020	Presa Brockman	Muy Bajo	Muy Bajo
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Alto	Alto
150640024	San Nicolás Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640025	Santa Rosa de Lima	Alto	Alto
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Muy Bajo	Muy Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Medio	Medio
150640028	Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Medio	Medio
150640030	Estación Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640031	Venta del Aire	Muy Bajo	Muy Bajo
150640033	Yomeje	Medio	Medio
150640034	Cerro Llorón	Alto	Alto
150640035	Barrio Del Gigante	Medio	Medio
150640036	El Mogote	Muy Bajo	Muy Bajo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
150640045	Barrio La Estrellita	Bajo	Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Medio	Medio
150640048	San Nicolás El Oro	Bajo	Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Alto	Alto
150640052	La Soledad	Muy Bajo	Bajo
150640055	El Carmen	Muy Alto	Muy Alto
150640057	Laguna Seca	Muy Bajo	Muy Bajo
150640061	Colonia Monte Alto	Medio	Medio
150640062	La Loma de la Cima	Muy Bajo	Muy Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Alto	Alto
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Alto	Alto

Tabla 5.21 Zonificación del Riesgo por flujos.

## 5.1.8 Hundimientos

Los hundimientos de la infraestructura son el movimiento de una superficie en la que la componente vertical del desplazamiento es claramente predominante sobre la horizontal, es decir, que hay subsidencia del terreno.

### Peligro por hundimientos

En el municipio del Oro Hidalgo, se ubicaron tres zonas propensas a desarrollar hundimiento, la delimitación de estas áreas se basó en algunas de las condiciones que facilitan este fenómeno como son las condiciones geológicas del terreno: el origen del material en este caso de tipo lacustre y sistemas de fallas y/o fracturamiento que crucen los materiales o delimiten zonas. No obstante, se establece únicamente la probabilidad de que se presenten los fenómenos, ya que no se observaron evidencias directas de que esté ocurriendo en el presente.

En el mapa 5.18 del anexo cartográfico se muestra la delimitación de áreas expuestas con posibilidad de presentar problemas futuros de hundimiento del terreno. Esta interpretación se basó en algunas de las condiciones fundamentales para que se desarrolle el fenómeno de hundimiento, como: características geológicas del subsuelo (secuencias arcillosas) y delimitación de fallas.

Las zonas con propensión a hundimientos se delimitaron con base en las características y extensión de las secuencias arcillosas del terreno, en relación con la traza de las fallas y la interpretación de la altimetría e imágenes de satélite.

### Vulnerabilidad y riesgo por hundimientos

Para el caso del municipio el riesgo por hundimientos se considera **BAJO** debido a la poca densidad de edificaciones en la zona de peligro, y a los materiales con los que está construidos (adobe).



Las 3 zonas se ubican en el sector WNW, afectando a las localidades de Santiago Oxtempan y Ejido San Nicolás El Oro (ver mapa 5.19 en el anexo cartográfico):

AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
150640002	Adolfo López Mateos	Muy Bajo	Muy Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Bajo	Bajo
150640005	Bassoco de Hidalgo	Muy Bajo	Muy Bajo
150640006	Buenavista	Muy Bajo	Muy Bajo
150640007	Citeje	Muy Bajo	Muy Bajo
150640008	Concepción Primera	Muy Bajo	Muy Bajo
150640009	La Concepción	Muy Bajo	Muy Bajo
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Muy Bajo	Muy Bajo
150640011	Endotejiare	Muy Bajo	Muy Bajo
150640014	La Jordana	Muy Bajo	Muy Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Muy Bajo	Muy Bajo
150640017	La Mesa	Muy Bajo	Muy Bajo
150640018	La Nopalera	Muy Bajo	Muy Bajo
150640019	La Palma	Muy Bajo	Muy Bajo
150640020	Presa Brockman	Muy Bajo	Muy Bajo
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Muy Bajo	Muy Bajo
150640024	San Nicolás Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640025	Santa Rosa de Lima	Muy Bajo	Muy Bajo
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Muy Bajo	Muy Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Bajo	Bajo
150640028	Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Muy Bajo	Muy Bajo
150640030	Estación Tultenango	Muy Bajo	Muy Bajo
150640031	Venta del Aire	Muy Bajo	Muy Bajo
150640033	Yomeje	Muy Bajo	Muy Bajo
150640034	Cerro Llorón	Muy Bajo	Muy Bajo
150640035	Barrio Del Gigante	Muy Bajo	Muy Bajo
150640036	El Mogote	Muy Bajo	Muy Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Muy Bajo	Muy Bajo
150640045	Barrio La Estrellita	Muy Bajo	Muy Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Muy Bajo	Muy Bajo
150640048	San Nicolás El Oro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Muy Bajo	Muy Bajo
150640052	La Soledad	Muy Bajo	Muy Bajo
150640055	El Carmen	Muy Bajo	Muy Bajo
150640057	Laguna Seca	Muy Bajo	Muy Bajo
150640061	Colonia Monte Alto	Muy Bajo	Muy Bajo
150640062	La Loma de la Cima	Muy Bajo	Muy Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Muy Bajo	Muy Bajo
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Muy Bajo	Muy Bajo

Tabla 5.22 Zonificación del Riesgo por hundimientos.

## 5.1.9 Erosión

El término erosión se refiere al "...conjunto de procesos por medio de los cuales se produce separación de los productos del intemperismo del sustrato original...puede ser planar [con transporte en distancias reducidas sin seguir una dirección fija] o lineal [remoción o transporte con una dirección definida y en superficies bien delimitadas]...Los agentes principales de la erosión son: el agua superficial..., el hielo, el viento, las aguas subterráneas, las olas marinas, organismos, y..., el hombre. La gravedad es un proceso fundamental que controla los procesos erosivos. La intensidad con que éstos actúen depende de muchos factores: topografía, clima, litología, estructura geológica, actividad tectónica (tipo, intensidad y duración en el tiempo), etc...La erosión es uno de los grandes procesos geológicos exógenos, sigue al intemperismo [proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra, a poca profundidad, bajo la acción de agentes físicos, químicos y orgánicos] y precede a la acumulación [depositación en la superficie de tierra firme o de una cuenca acuática, de rocas, minerales o residuos orgánicos]. En un sentido restringido erosión se refiere a la remoción de partículas por procesos gravitacionales y escorrentías..."<sup>5</sup>.

### Peligro por erosión

El mapa de erosión de El Oro contiene las principales superficies clasificadas según el tipo de exposición a los agentes: banco de material, zona de cultivo, zona con cubierta vegetal y zona con cubierta vegetal escasa. Fueron determinadas a partir de la interpretación de imágenes de satélite (Cnes/Spot Image, Digital Globe y GeoEye) del año 2011.

<sup>5</sup> En *Diccionario Geomorfológico*. Ed. Instituto de Geografía – UNAM. México, 1989, pp. 10, 78 y 114.



Banco de material se refiere a aquellas superficies que comprenden canteras y minas de material a cielo abierto, con superficies fuertemente alteradas por actividades productivas y materiales geológicos completamente expuestos a los agentes erosivos.

Zona de cultivo es aquélla que se aprovecha para la producción agrícola y bajo mantenimiento regular, con suelos completamente desnudos. Dependiendo de las condiciones topográficas, es un tipo de superficie muy propensa a la remoción de materiales por escurrimiento superficial.

La zona con cubierta vegetal es aquélla caracterizada por una cobertura arbórea natural bien definida y en la que pueden llegar a encontrarse todavía las capas de pastos, herbácea y arbustiva como elementos que, en relación con la cobertura arbórea, aún protegen la estructura del suelo y los materiales geológicos subyacentes. El tipo de vegetación natural existente está relacionado con el clima de la zona.

La zona con cubierta vegetal escasa se define como aquélla superficie que, en contraparte de la anterior, no tiene una cobertura vegetal bien definida que proteja al suelo de los agentes erosivos. Si presenta alguna de las capas de pastos, herbácea, arbustiva o arbórea no se encuentra bien integrada con el terreno en el que habita y es común que los elementos existentes se encuentren aislados y dispersos. La existencia de estas superficies es debida a los procesos de deforestación, y problemas forestales como las plagas e incendios.

Las superficies respectivas a elementos como presas y cuerpos de agua no se consideraron dentro de la capa por no tener un peso específico para los análisis de susceptibilidad o propensión a procesos de ladera.

En el municipio del Oro se delimitaron algunas zonas en la que la erosión hídrica ha modificado la geometría del terreno y zonas que son propensas a este tipo de erosión; la mayor parte de afectación por este tipo de erosión se localiza en el sector norte, la mayoría de las geoformas originadas corresponden a erosión de tipo laminar y planar.

La mayor parte se concentra en las localidades San Nicolás Tultenango, Santo Domingo Tultenango, Santa Rosa de Guadalupe, Santa Rosa de Lima, Yomeje, La Magdalena Morelos, El gigante y la Soledad (ver mapa 5.20 en el anexo cartográfico).

## Vulnerabilidad y riesgo por erosión.

La población es altamente vulnerable a la erosión ya que en general no se cuenta con la suficiente preparación para resistir fenómenos asociados, como deslizamientos de ladera, derrumbes, y flujos de lodo. Debido a lo anterior, el riesgo por erosión se estima **ALTO** para el Municipio de El Oro. La zonificación para áreas pobladas se presenta a continuación:

AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
150640002	Adolfo López Mateos	Bajo	Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Alto	Alto
150640005	Bassoco de Hidalgo	Alto	Alto
150640006	Buenavista	Bajo	Bajo
150640007	Citeje	Bajo	Bajo
150640008	Concepción Primera	Medio	Medio
150640009	La Concepción	Medio	Medio
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Muy Bajo	Muy Bajo
150640011	Endotejiare	Muy Bajo	Muy Bajo
150640014	La Jordana	Bajo	Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Bajo	Bajo
150640017	La Mesa	Bajo	Bajo
150640018	La Nopalera	Bajo	Bajo
150640019	La Palma	Bajo	Bajo
150640020	Presa Brockman	Muy Alto	Muy Alto
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Bajo	Bajo
150640024	San Nicolás Tultenango	Medio	Medio
150640025	Santa Rosa de Lima	Medio	Medio
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Bajo	Bajo
150640027	Santiago Oxtempan	Bajo	Bajo
150640028	Tapaxco	Bajo	Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Bajo	Bajo
150640030	Estación Tultenango	Bajo	Bajo
150640031	Venta del Aire	Alto	Alto
150640033	Yomeje	Bajo	Bajo
150640034	Cerro Llorón	Bajo	Bajo
150640035	Barrio Del Gigante	Bajo	Bajo
150640036	El Mogote	Bajo	Bajo
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	Medio	Medio
150640045	Barrio La Estrellita	Bajo	Bajo
150640047	Barrio de Las Peñitas	Bajo	Bajo
150640048	San Nicolás El Oro	Bajo	Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Bajo	Bajo



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
150640052	La Soledad	Muy Alto	Muy Alto
150640055	El Carmen	Bajo	Bajo
150640057	Laguna Seca	Medio	Medio
150640061	Colonia Monte Alto	Bajo	Bajo
150640062	La Loma de la Cima	Medio	Medio
150640063	Barrio San Isidro	Bajo	Bajo
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Bajo	Bajo

*Tabla 5.23 Zonificación del Riesgo por erosión.*



## 5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico

El Municipio de El Oro es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar daños materiales de importancia o incluso la pérdida de vidas humanas. Principalmente está expuesto a lluvias y heladas. Acontecimientos como las heladas en Citejé y la Cabecera Municipal, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos. Las heladas producen afectaciones en las zonas de cultivo, y puede ser causa de muertes en los sectores de la población de niños y adultos mayores así como población de bajos recursos económicos. Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar flujos con sedimentos en las laderas de los cerros, movimientos de masa que transportan lodo, rocas, arena, árboles, y otros objetos que pueden destruir casas y romper tramos de carreteras. Las sequías, aunque no se han presentado, pueden provocar fuertes pérdidas económicas a la ganadería y la agricultura en periodos de meses o años. El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos. A continuación, se analizan los principales fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en el municipio.

Fenómenos Hidrometeorológicos
<b>Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias</b>
<b>Sequias</b>
<b>Temperaturas máximas extremas</b>
<b>Vientos fuertes</b>
<b>Inundaciones</b>
<b>Masas de aire (heladas)</b>

Tabla 5.24 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de El Oro

### 5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Los Ciclones son fenómenos meteorológicos que ocurren en los océanos o en las áreas costeras tropicales. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Esa es una de las razones por la que solo las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales, mientras que las regiones interiores están a salvo, de no ser por intensas lluvias asociadas a los ciclones. En el caso del Municipio de El Oro, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 275 km de distancia a la costa más cercana, a más de 2750 m sobre el nivel del mar, y a la abrupta topografía que lo separa de las áreas costeras.



## 5.2.2 Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias

Las tormentas eléctricas son un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos en la atmósfera terrestre. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces granizo, por lo que asociado a este fenómeno se presentan inundaciones repentinas. Un riesgo directo de las tormentas eléctricas es que a una persona o vivienda reciba una descarga eléctrica por un rayo.

Por otro lado, las lluvias extraordinarias implican una o varias precipitaciones que superan en volumen registrado al promedio histórico de las lluvias mensuales. Estas lluvias pueden acelerar y/o detonar procesos de deslizamiento de laderas, erosión, derrumbes, hundimientos e inundaciones, aunque en otros casos las lluvias normales también pueden causar los mismos efectos.

### *Peligro por tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias*

En el caso del municipio de El Oro, la presencia de las tormentas eléctricas es relativamente baja, a pesar de que es uno de los fenómenos meteorológicos más conocidos en el área. Dentro del polígono territorial, hay un rango de 3 a 9 días con tormentas eléctricas al año, siendo la cabecera afectada por este tipo de tiempo atmosférico 8 veces al año. La zona de la localidad de Estación Tultenango tiene un promedio anual de 3 tormentas eléctricas por año.

Para obtener el mapa de peligros por ocurrencia de tormentas eléctricas, se realizó una interpolación mediante un sistema de información geográfica de los datos de las estaciones meteorológicas del SMN, los cuales tienen un periodo de datos de aproximadamente 30 años (en algunos casos más y en otros poco menos). La interpolación se realizó según el sistema de Natural Neighbor, el cual es un método de interpolación espacial en 2D, que se basa en la teselación de Voronoi de un conjunto discreto de puntos espaciales. Este método proporciona una aproximación más suave con relación a los datos reales, pero proporciona un modelado más coherente con el espacio.

La ecuación básica en 2D es la siguiente:

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i)$$

Donde  $G(x, y)$  es la estimación en  $(x, y)$ ,  $w_i$  son los pesos y  $f(x_i, y_i)$  son los datos conocidos en el  $(x_i, y_i)$ . El método usado en el GIS propone una medida estándar para el cálculo de los pesos, y la selección de los puntos vecinos para la interpolación.

Como resultado de la interpolación anterior se obtuvo el mapa de frecuencias de tormentas eléctricas (ver mapa 5.21 en el anexo cartográfico), donde se observa una tendencia de incrementos del peligro en el centro del polígono municipal y disminución hacia los lados. Es necesario notar, que no obstante la probabilidad de tormentas eléctricas en el municipio, estos fenómenos no necesariamente están acompañados de lluvias extraordinarias, debido a que tienen orígenes diferentes. Por lo tanto, el peligro aislado de las tormentas eléctricas en sí no ofrece un alto impacto en la zona de estudio.



Sin embargo, más allá de las tormentas eléctricas, las lluvias extraordinarias pueden causar mayores daños en el municipio, por lo que es necesario revisar su probabilidad. Estas lluvias, pueden presentar fenómenos de rayos, pero no es una condicionante. Incluso pueden ser lluvias poco intensas, pero muy prolongadas. Además, las lluvias extraordinarias pueden aparecer en varios episodios repartidos en varios días, y no necesariamente en una sola emisión.

Las lluvias extraordinarias, para considerarse como tales deben superar los valores mensuales de precipitación promedio mostrados en la siguiente tabla:

Elementos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Estación: 00015363 Pueblo Nuevo, El Oro</b>													
<b>Precipitación Total</b>	9.1	8.7	7	24	67.5	160.4	217.2	182.6	145.3	82.8	20.6	12.8	938
<b>Máxima Mensual</b>	54.3	27.4	22.4	59.8	132.8	298.3	282.8	277.6	246	239.1	64.1	61.2	298.3
<b>Año De Máxima</b>	1981	1978	1978	1982	1986	1985	1972	1973	1983	1976	1985	1979	1985
<b>Días Precipitación Apreciable</b>	1.4	1.9	1.5	3.8	9.9	16.1	20.6	18.4	13.7	8.9	3.3	1.9	101.4
<b>Días Con Tormenta Eléctrica</b>	0	0	0	0	0.13	0.47	0.43	1.14	0.2	0	0	0	2.37
<b>Estación: 00015183 El Oro, El Oro</b>													
<b>Precipitación Total</b>	18.4	8.1	3.9	21.7	60.2	158.2	219.1	235.9	135.2	72	17.2	7.3	957.3
<b>Máxima Mensual</b>	123.1	28.5	27.1	67.4	161.2	532	388.7	689.1	421.7	232.5	111	40.3	689.1
<b>Año De Máxima</b>	1980	1984	1974	1981	1986	1986	1985	1989	1986	1976	1986	1979	1989
<b>Días Precipitación Apreciable</b>	2.1	1.5	0.9	3.2	6.9	13.7	19.5	18.1	12.9	8.5	3.3	1.2	91.8
<b>Días Con Tormenta Eléctrica</b>	0	0.05	0	0.32	0.79	1.78	2.37	1.58	0.89	0.25	0	0	8.03
<b>Estación: 00015070 Presa Brockman, El Oro</b>													
<b>Precipitación Total</b>	17.4	8.9	6.2	18.9	63.2	166.6	220.8	189.9	156.3	72.1	14	12.7	947
<b>Máxima Mensual</b>	100	33	28.8	55	136	274	313	301	274	159	38.1	80	313
<b>Año De Máxima</b>	1980	1978	1971	1976	1975	1985	1981	1971	1980	1981	1980	1979	1981
<b>Días Precipitación Apreciable</b>	2.2	1.8	1.8	3.8	8.7	14.6	20.3	18.5	15	8.4	2.5	2	99.8

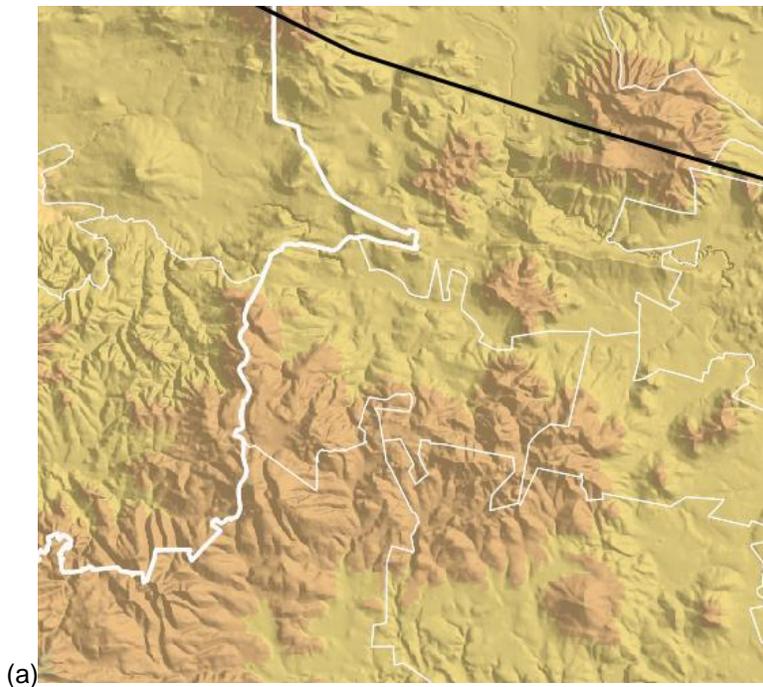


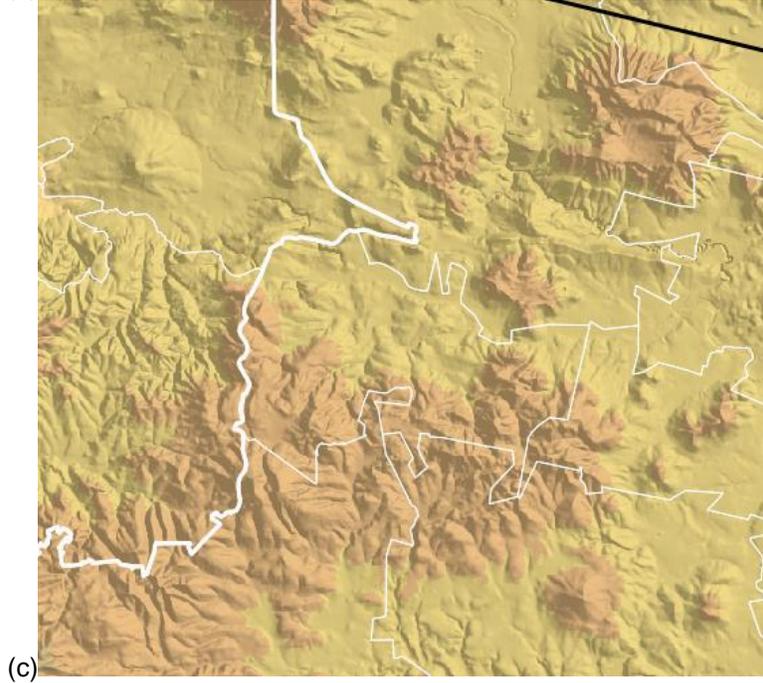
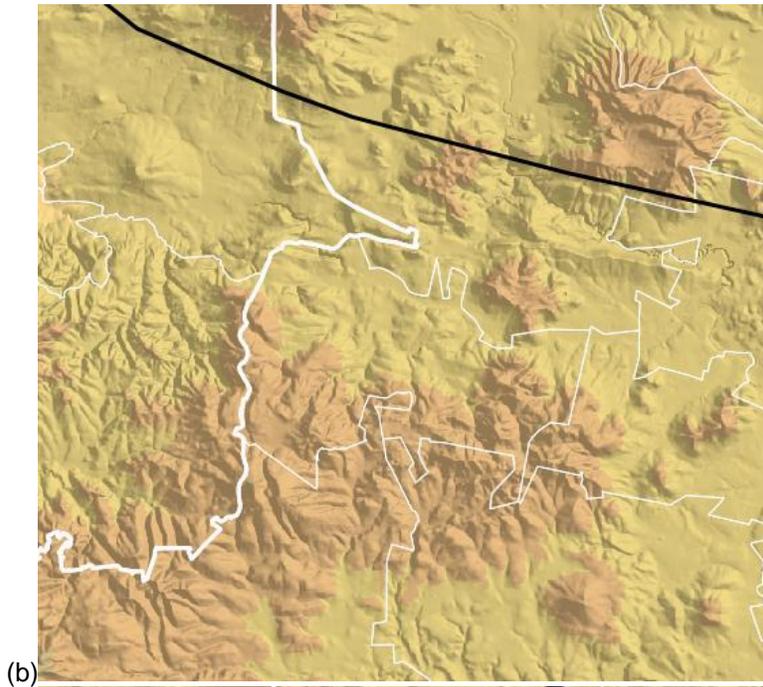
Elementos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Días Con Tormenta Eléctrica	0	0	0	0.19	0.25	1.25	1.19	1.45	0.85	0	0	0	5.19

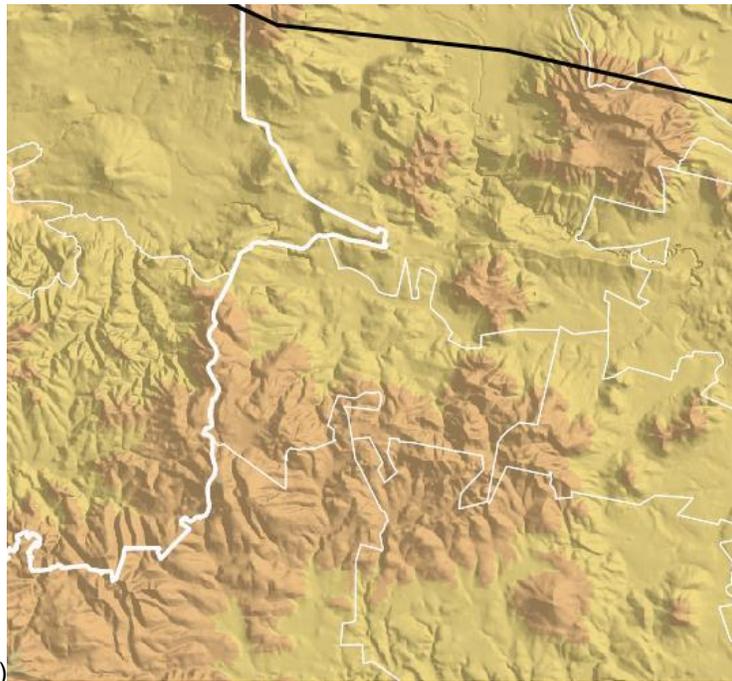
Tabla 5.25 Estadística básica de fenómenos de precipitación y tormentas eléctricas en el municipio de El Oro. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, estaciones meteorológicas Presa Brockman, El Oro y Pueblo Nuevo

Ahora bien, las lluvias extraordinarias pueden aparecer de varias maneras. Puede ser un cumulo de eventos a lo largo de varios días, incluso semanas, que como resultados sobrepasen el promedio de precipitación para el mes en el que ocurren. Pero también se pueden presentar como un solo evento o varios distribuidos en un máximo de 24 horas. El CENAPRED ha identificado que la precipitación máxima esperada para el todo el polígono municipal es de 120mm, es decir, 120 litros de agua por metro cuadrado en un periodo de 24 horas. En este escenario, en un solo día, caería la lluvia equivalente al 15% del total anual.

Adicionalmente, se generaron escenarios de las lluvias máximas probables para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años para una duración de 1 hora. En el escenario de un periodo de retorno de 5 años, se espera una lluvia de 40 mm para el municipio, la cual aportaría el volumen mencionado en un tiempo de 1 hora (fig. 5.7 (a)). En el escenario de lluvias probabilísticas para un periodo de 20 años, se espera que un evento de 1 hora aporte un volumen de 50mm para el municipio. (fig. 5.7 (b)). Para un periodo de retorno de 50 años, se estima que podría aparecer un evento de una hora de duración que precipitara 60mm de agua pluvial para todo el municipio (fig. 5.7 (c)). En el último escenario, para un periodo de retorno de 100 años y duración de 1 hora, se estima un volumen de precipitación del orden de 65mm para la zona (fig. 5.7 (d)).







(d)  
Figura 5.7. Escenarios por lluvias probabilísticas a 5 años (a), 20 años (b), 50 años (c) y 100 años (d), todos con una duración de 1 hora. Fuente: SIATL INEGI.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Tormentas eléctricas y Lluvias extraordinarias

Las tormentas eléctricas y en mayor grado las lluvias extraordinarias son fenómenos que a pesar de no representar peligros directos, están estrechamente asociados a otros peligros como deslizamientos (en sus diversas modalidades) e inundaciones. La vulnerabilidad a los deslizamientos, como se trató en el apartado correspondiente, es muy alta en el municipio de El Oro toda vez que las construcciones típicas no consideran dentro de su reforzamiento estructural la construcción de pilotes hasta la roca sana, habitualmente a más de 5m de profundidad.

El **riesgo por lluvias extraordinarias y tormentas eléctricas es ALTO** para todo el municipio de El Oro. Se insiste en el hecho de que la exposición a la lluvia no es directa, sino asociada a los daños colaterales que ocasiona.



### 5.2.3 Sequías

La sequía meteorológica es una anomalía atmosférica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de las necesidades de las plantas, los animales y la sociedad. La causa principal es una disminución significativa en la precipitación pluvial promedio de una zona dada. Si este fenómeno perdura por varias temporadas, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez. Las consecuencias inmediatas de la sequía meteorológica son pérdida de cosechas, pérdida de cabezas de ganado vacuno, ovino y caprino y en casos agudos, insuficiencia de agua para uso doméstico e industrial.

#### *Peligro por Sequías*

En el caso de El Oro, se determinó la peligrosidad de la sequía meteorológica para un escenario de cambio climático, mediante el modelo climático de circulación general GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory). Este índice determinó que el nivel de severidad de la sequía meteorológica es Fuerte para todo el municipio, lo que implica que la posibilidad de insuficiencia de agua para los usos agropecuarios y domésticos es alta en un corto y mediano plazo.

Para obtener los resultados anteriormente expuestos, se utilizaron datos de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas cercanas (tabla 5.26); sin embargo el periodo de años de observación de las estaciones es variable, por lo que sólo se consideró el lapso 1950-1980. El cálculo del índice de severidad para cada año en el periodo estudiado, se realizó con los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias, como se muestra a continuación:

Índice de Severidad (IS):

$$IS = (\sum Y - \sum X) / \sum X \quad \sum Y < \sum X$$

Dónde:

$\sum Y$  = sumatoria de la Precipitación mensual registrada (2007)

$\sum X$  = sumatoria de la Precipitación mensual normal (histórico)

Si  $\sum Y - \sum X$  es menor de 0.0, hay sequía meteorológica.

Se calculó el índice con la fórmula. El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasifica en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). Para determinar un escenario a futuro, se utilizó el modelo climático de Circulación General GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), para simular los cambios en el equilibrio climático resultante del incremento de dos veces las concentraciones del CO<sub>2</sub>. Los datos de precipitación media mensual se ajustaron a los cambios planteados por los modelos GFDL-R30 para simular los efectos de un posible incremento de dos veces la concentración de CO<sub>2</sub>. Esto se hizo al multiplicar los registros de precipitación media mensual de enero a diciembre de los treinta años estudiados por los cambios en porcentaje propuestos en condiciones de 2XCO<sub>2</sub>. De esta forma se obtuvo un archivo con datos de precipitación simulados, que se importaron a la base de datos para calcular el índice de severidad de la sequía meteorológica con un programa estadístico, que calcula el I.S. considerando la media mensual normal del periodo 1950-1980. Con los I.S.



obtenidos para todas las estaciones modificadas, se generó el mapa de los escenarios futuros, mediante el trazo de isolíneas.

Id Estación	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
15070	Presa Brockman, El Oro	19,46	100,8	2929
15087	San Felipe, Del Progreso	19,42	99,58	2550
15102	San Onofre, San Felipe	19,40	100,8	2743
15104	S.P. Potla, Temascalcingo	19,52	99,59	2450
15117	Temascalcingo	19,55	100,55	2570
15128	Tultenango, El Oro	19,51	100,5	2580
15183	El Oro, El Oro	19,48	100,8	2740
15245	La Jordana, El Oro	19,47	99,58	2620
15363	Pueblo Nuevo, El Oro	19,47	100,1	2930
16033	Chincua, Senguio	19,48	100,20	2456
16175	Tepuxtepec, Contepec	19,58	100,12	2330

Tabla 5.26 Estaciones meteorológicas usadas para determinar el índice de severidad de la sequía. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Sequías.

Las sequías son algunos de los fenómenos más desastrosos porque la carencia de agua implica caídas sustanciales en la producción de alimentos. Inicialmente afectan la economía agropecuaria, pero pueden llegar incluso a acelerar la mortalidad de la población debido a la falta de agua, lo que conlleva a problemas de higiene, gastrointestinales, y eventualmente de deshidratación como fenómeno de salud pública. En general, se estima que la vulnerabilidad ante una sequía es muy alta para todo El Oro.

En relación con lo anterior y debido a que la probabilidad de sequía a futuro es fuerte, se estima que para el Municipio de El Oro, el **riesgo de sequía es ALTO** (ver mapa 5.22 en el anexo cartográfico).

### 5.2.4 Temperaturas máximas extremas

Las temperaturas máximas extremas son un peligro en las áreas en las durante más de 3 horas por día en temporada de verano, la temperatura ambiente es superior a las temperaturas máximas promedio. En general, en los días calurosos los riesgos mayores se encuentran en las enfermedades gastrointestinales derivadas de la putrefacción de los alimentos, particularmente de aquellos preparados sin normas de higiene en la calle; en la deshidratación, tanto de las plantas como de los animales y humanos; incendios en la vegetación natural; y en algunos casos insolación (enfermedad por exposición prolongada al sol).



## Peligro por temperaturas máximas extremas

El Oro, debido a su ubicación en la provincia de Mil Cumbres donde la temperatura es semifría, y hay nubosidad durante la mayor parte del verano, este fenómeno no se presenta de manera significativa. En general, los días calurosos el único riesgo detectado se encuentra en las enfermedades gastrointestinales derivadas de la putrefacción de los alimentos, particularmente de aquellos preparados sin normas de higiene en la calle.

En el anexo cartográfico se presentan el mapa de temperatura máxima absoluta (ver mapa 5.23 en el anexo cartográfico). En él, se observa que las temperaturas máximas esperadas pueden ser de 28 a 30°C para el norte del municipio y; de 26 a 28°C para la zona sur y centro, incluyendo a la cabecera municipal.

En general, se estima que el peligro por temperaturas elevadas para este municipio inicia a los 28°C, por lo que este tipo de fenómenos no afecta la porción sur del territorio, pero si lo hace con la parte poblada ubicada al oriente.

Para la realización de este mapa se interpolaron los valores máximos promedio y máximos absolutos de las estaciones cercanas a El Oro y enlistadas en la tabla 5.26.

## Vulnerabilidad y riesgo por temperaturas extremas

La vulnerabilidad de la población a las altas temperaturas se deriva de malestares fisiológicos producidos directamente por el incremento de calor, o bien por fenómenos asociados, como un incremento en el metabolismo de los organismos bacteriológicos existentes en los alimentos, aire, agua y suelos. Adicionalmente la vulnerabilidad se incrementa en la población infantil y adultos mayores, así como en personas en situación de indigencia. A continuación se presenta una tabla con los principales factores asociados a la incidencia de altas temperaturas:

Temperaturas	Designación	Vulnerabilidad
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.
31.1-33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.
33.1-35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.
> 35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.

Tabla 5.27 Vulnerabilidad por altas temperaturas. Fuente: SEDESOL (2011).

El riesgo asociado a los fenómenos de temperaturas extremas absolutas es **BAJO** y se desglosa de la siguiente manera:



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010108	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010112	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010127	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
1506400010131	El Oro de Hidalgo	Bajo	Bajo
150640002	Adolfo López Mateos	Bajo	Bajo
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	Medio	Medio
150640005	Bassoco de Hidalgo	Bajo	Bajo
150640006	Buenavista	Bajo	Bajo
150640007	Citeje	Bajo	Bajo
150640008	Concepción Primera	Bajo	Bajo
150640009	La Concepción	Bajo	Bajo
150640010	Colonia Cuauhtémoc	Bajo	Bajo
150640011	Endotejiare	Bajo	Bajo
150640014	La Jordana	Bajo	Bajo
150640016	La Magdalena Morelos	Bajo	Bajo
150640017	La Mesa	Bajo	Bajo
150640018	La Nopalera	Medio	Medio
150640019	La Palma	Bajo	Bajo
150640020	Presa Brockman	Bajo	Bajo
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	Bajo	Bajo
150640024	San Nicolás Tultenango	Medio	Medio
150640025	Santa Rosa de Lima	Bajo	Bajo
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	Medio	Medio
150640027	Santiago Oxtempan	Bajo	Bajo
150640028	Tapaxco	Bajo	Bajo
150640029	Santa Cruz El Tejocote	Bajo	Bajo
150640030	Estación Tultenango	Medio	Medio
150640031	Venta del Aire	Medio	Medio
150640033	Yomeje	Bajo	Bajo
150640034	Cerro Llorón	Bajo	Bajo
150640035	Barrio Del Gigante	Bajo	Bajo
150640036	El Mogote	Medio	Medio
150640037	San Isidro Ejido de	Medio	Medio



AGEB / Localidad	Nombre	Peligro	Riesgo
	Tapaxco		
150640045	Barrio La Estrellita	Medio	Medio
150640047	Barrio de Las Peñitas	Bajo	Bajo
150640048	San Nicolás El Oro	Bajo	Bajo
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	Bajo	Bajo
150640052	La Soledad	Medio	Medio
150640055	El Carmen	Bajo	Bajo
150640057	Laguna Seca	Bajo	Bajo
150640061	Colonia Monte Alto	Bajo	Bajo
150640062	La Loma de la Cima	Bajo	Bajo
150640063	Barrio San Isidro	Bajo	Bajo
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	Bajo	Bajo

Tabla 5.28 Zonificación del riesgo por altas temperaturas.

### 5.2.5 Vientos Fuertes

Los vientos de mayor intensidad en son los que se producen durante los huracanes; por tanto las zonas costeras, y en particular las que tienen una incidencia más frecuente de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento. Sin embargo otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos. Para que este tipo de fenómeno ocurra se requiere de una topografía plana o semiplana, por lo que el municipio de El Oro no entra dentro del rango de zonas que pueden ser potencialmente dañadas por vientos fuertes.

### 5.2.6 Inundaciones

Las inundaciones son un fenómeno en el cual se anega de agua un área determinada que generalmente está libre de ésta. El agua proviene del desbordamiento de ríos, represas, o escurrimientos de partes altas y se asocia a lluvias intensas, en el área o incluso en otras lejanas. A pesar de considerarse un fenómeno natural, tiene una alta influencia de los procesos de ocupación del territorio y construcción de infraestructura, ya que a menudo el riesgo existe cuando se establecen viviendas en zonas inundables y se crean embudos artificiales que impiden el libre tránsito de las avenidas de agua.

#### *Peligro por Inundaciones*

Las inundaciones son uno de los peligros menos comunes en El Oro, debido a dos razones principales: el hecho de que sea un municipio con amplias zonas rurales, lo que favorece la infiltración, y por otro lado, un eficiente sistema de lagos y presas que repasan el agua excedente para usos agrícolas, y que evita



las avenidas extraordinarias. En este sentido es necesario acotar que las avenidas de agua a nivel municipal son bien vistas ya que pueden permitir la recolección de una gran cantidad de agua para el uso doméstico y agropecuario.

El único caso de inundación registrado y recurrente está ubicado sobre la carretera a Atlacomulco, causado por un pequeño arroyo que originalmente atravesaba los terrenos donde ahora se encuentra la carretera; debido a que no se construyeron las obras apropiadas, en época de lluvia la superficie de la carretera se anega con agua corriente con un tirante de 10 cm en momentos de lluvia, por lo que en esta zona, el peligro es alto, debido principalmente a derrapes de vehículos y accidentes relacionados.

El arroyo en cuestión, sin nombre, drena las aguas provenientes de una pequeña colina del centro del municipio, y lleva agua sólo en lluvias intensas (ver mapa 5.24 en el anexo cartográfico).

El arroyo presenta los siguientes valores de caudal máximo en los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años:

Periodo de Retorno	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia (cm/h)	6.4	14.32	32.02	45.29	64.05
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	3.12	7	15.65	22.14	31.31

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	2616 m
Elevación media:	2593 m
Elevación mínima:	2570 m
Longitud:	1585 m
Pendiente Media:	2.90%
Tiempo de Concentración:	15.54 (minutos)
Área Drenada:	0.88 km <sup>2</sup>
Coefficiente de escurrimiento:	20%

Tabla 5.29. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el arroyo sin nombre que atraviesa la carretera a Atlacomulco, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

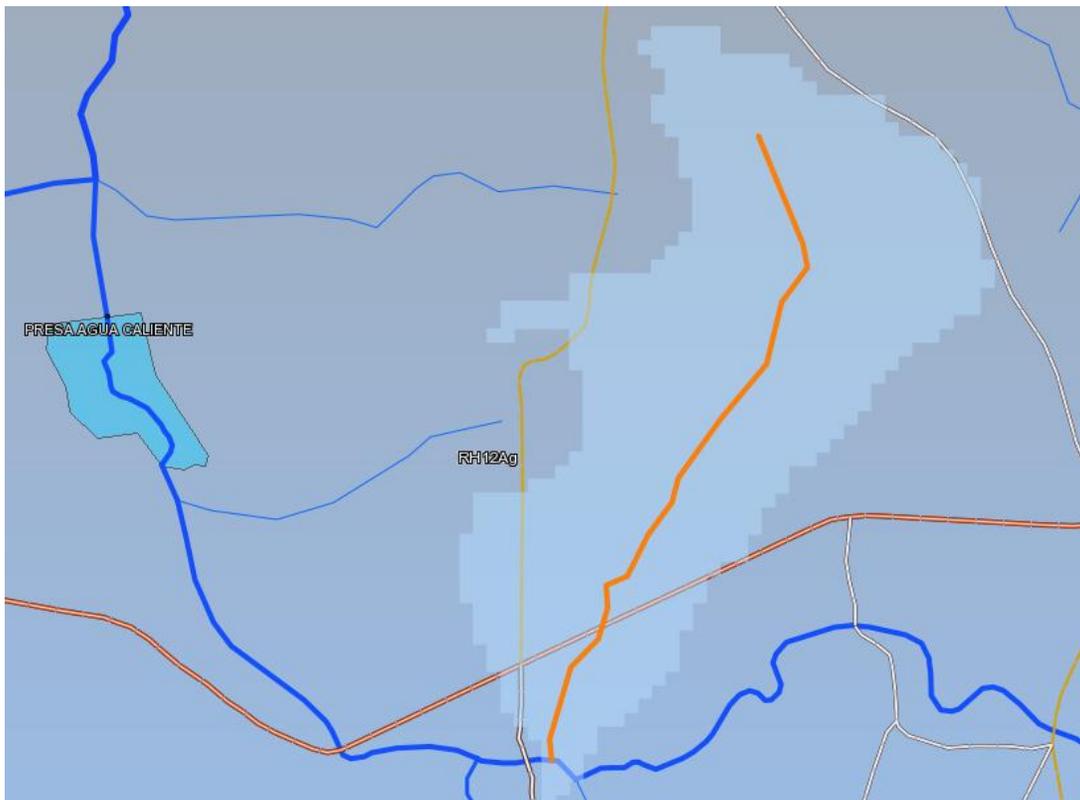


Fig. 5.8 Área drenada por el arroyo sin nombre y su relación con la carretera a Atlacomulco. Fuente: SIATL INEGI

Se sugiere como obra principal, construir un drenaje por debajo de la carretera para que circule el agua y evitar accidentes automovilísticos.



*Fig. 5.9 Aspecto del arroyo sin nombre en época de secas. Se observa que a pesar de drenar un área pequeña, el agua circula con violencia y ha disectado el cauce considerablemente a pesar de que sólo en lluvias intensas acarrea líquido..*

## Vulnerabilidad y Riesgo por inundaciones

Las lluvias extraordinarias pueden incrementar considerablemente el nivel de las presas y lagos, pero por lo general, estos se encuentran rodeados de zonas de cultivo, y no las viviendas se ubican a distancias razonables de los cuerpos de agua.

Debido a la particular configuración del municipio, el riesgo de inundación es **MUY BAJO** en todo el territorio, debido a que las zonas altas (lomeríos) son los que se habitan y se usan para las actividades productivas, porque son relativamente planas; por el contrario, los cauces, solo se usan como abrevaderos para el ganado bovino y vacuno.

El caso del arroyo que atraviesa la carretera a Atlacomulco, tiene expuesta a la carretera, se esperan daños notables en dos épocas de lluvias, lo que obligará a construir un drenaje bajo la carretera para evitar futuros daños.



## 5.2.7 Masas de aire (heladas)

La helada es un fenómeno atmosférico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua (0°C) y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies, el cual se presenta en las primeras horas del día (de las 3 a las 6 horas). Es un fenómeno particularmente dañino para la agricultura y para las personas en situación de indigencia, y en algunos casos para las familias en situación de alta marginación, en donde los niños y adultos mayores son los más vulnerables, llegando a causarles la muerte.

### *Peligrosidad por Heladas*

En el municipio de El Oro, las heladas son constantes durante el año, ya que hay en promedio de 80 a 90 días al año con presencia de este fenómeno, dependiendo de la zona. En general, las heladas son ligeramente más comunes al sur, y tienen un decremento hacia el norte. Sin embargo, en la cabecera municipal se registran en promedio 80 días con heladas al año, lo cual lo hace altamente susceptible a presentar riesgos, particularmente a la población de alta marginación.

En base a la información de la carta IV.4.7 Otros fenómenos climáticos del Atlas Nacional de México del Instituto de Geografía de la UNAM, se realizó una interpolación para segregar los datos en menores rangos estadísticos. El procedimiento consistió en georreferenciar la cartografía del Atlas Nacional de México en un Sistema de Información Geográfica, y posteriormente crear un modelo del territorio tomando en cuenta las isolíneas de heladas, para después modificar los rangos y mejorar la visualización.

En general, como se observa en el mapa 5.25 del anexo cartográfico, el peligro por heladas es muy alto en todo el municipio, debido a la constante presencia del fenómeno en el territorio, particularmente en los meses invernales.

### *Vulnerabilidad y Riesgo por Heladas*

En el municipio de El Oro, a pesar de la prevalencia generalizada de heladas durante los meses fríos, la población ha aprendido a protegerse de este tipo de fenómenos, por lo que hasta ahora no se tienen noticias ni reportes de daños de tipo severo a la población, a los cultivos o a la infraestructura; salvo por las enfermedades estacionales (no directamente asociadas a las heladas) no se tienen reportes de decesos por frío, presencia de hielo en las vialidades, o caídas en la producción agrícola. Por lo tanto, la vulnerabilidad se toma como moderada, debido principalmente a la alta proporción de niños en la población del municipio. El Riesgo en general resultó ser **MODERADO**. En la siguiente tabla se desglosa el riesgo por localidad en función de la población vulnerable (niños menores a 5 años, y adultos mayores a 65)



AGEB / Localidad	Nombre	% Población vulnerable	Frecuencia heladas	Riesgo
1506400010095	El Oro de Hidalgo	16	80-90	Moderado
1506400010108	El Oro de Hidalgo	15	80-90	Moderado
1506400010112	El Oro de Hidalgo	16	80-90	Moderado
1506400010127	El Oro de Hidalgo	16	80-90	Moderado
1506400010131	El Oro de Hidalgo	15	80-90	Moderado
150640002	Adolfo López Mateos	16	80-90	Moderado
150640003	Ejido San Nicolás El Oro	18	80-90	Moderado
150640005	Bassoco de Hidalgo	15	80-90	Moderado
150640006	Buenavista	15	80-90	Moderado
150640007	Citeje	22	90-100	Muy Alto
150640008	Concepción Primera	17	80-90	Moderado
150640009	La Concepción	14	80-90	Moderado
150640010	Colonia Cuauhtémoc	15	80-90	Moderado
150640011	Endotejiare	20	80-90	Alto
150640014	La Jordana	16	80-90	Moderado
150640016	La Magdalena Morelos	18	80-90	Moderado
150640017	La Mesa	17	80-90	Moderado
150640018	La Nopalera	20	70-80	Alto
150640019	La Palma	16	80-90	Moderado
150640020	Presa Brockman	14	90-100	Moderado
150640021	Pueblo Nuevo de los Ángeles	16	80-90	Moderado
150640024	San Nicolás Tultenango	17	80-90	Moderado
150640025	Santa Rosa de Lima	21	80-90	Alto
150640026	Ejido Santiago Oxtempan	17	80-90	Moderado
150640027	Santiago Oxtempan	19	80-90	Moderado
150640028	Tapaxco	18	80-90	Moderado
150640029	Santa Cruz El Tejocote	18	90-100	Moderado
150640030	Estación Tultenango	14	80-90	Moderado
150640031	Venta del Aire	17	80-90	Moderado
150640033	Yomeje	19	80-90	Moderado
150640034	Cerro Llorón	17	90-100	Moderado
150640035	Barrio Del Gigante	17	90-100	Moderado
150640036	El Mogote	15	80-90	Moderado
150640037	San Isidro Ejido de Tapaxco	17	80-90	Moderado



AGEB / Localidad	Nombre	% Población vulnerable	Frecuencia heladas	Riesgo
150640045	Barrio La Estrellita	15	80-90	Moderado
150640047	Barrio de Las Peñitas	18	90-100	Moderado
150640048	San Nicolás El Oro	14	80-90	Moderado
150640049	Santa Rosa de Guadalupe	21	80-90	Alto
150640052	La Soledad	13	80-90	Moderado
150640055	El Carmen	10	80-90	Moderado
150640057	Laguna Seca	21	90-100	Muy Alto
150640061	Colonia Monte Alto	18	80-90	Moderado
150640062	La Loma de la Cima	21	90-100	Muy Alto
150640063	Barrio San Isidro	14	90-100	Moderado
150640064	Benemérito Pueblo Nuevo de los Ángeles	16	80-90	Moderado

Tabla 5.30 Zonificación del Riesgo por heladas.

## 5.3 Obras propuestas

En base a la identificación de los principales riesgos en el Municipio en estudio, se sugiere la construcción de obras de terrazo y muro gavión en las laderas del Cerro Somera, a efecto de evitar que la inestabilidad de los taludes pueda en un futuro afectar a la población e infraestructura de la Cabecera Municipal, principalmente a las casas ubicadas sobre la carretera a Tlalpujahua.

También se sugiere como obra el rellenado de los tiros ya que pueden colapsar y generar daños mayores a la Cabecera Municipal, aunque en este caso, se debe primero estimar los volúmenes necesarios para realizar el rellenado, ya que puede ser el caso de que se requieran cantidades muy altas de materiales de relleno.