



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Fenómenos Geológicos En Los Atlas de Riesgo: Caso Alcaldía Álvaro Obregón

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Rodrigo Reygadas Reygadas

DIRECTORA DE TESINA

M. C. Leticia Sánchez Guillén



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

“A mis padres quienes son los responsables de que el día de hoy esté alcanzando esta meta de vida”

“Familiares, amigos y a todas las personas presentes a lo largo de este camino que me han enriquecido, infinitas gracias”

“Profesores que me formaron como profesional a lo largo de mi desarrollo universitario, en especial a la profesora Leticia por su apoyo y disposición para lograr este trabajo”

“A la Universidad Nacional Autónoma de México por forjarme no solo como ingeniero si no como una persona integral en la sociedad”

“Al Instituto de Geografía de la UNAM por permitirme ser colaborador de este proyecto el cual me brido la oportunidad de desarrollar y potencializar mis conocimientos como profesional”



**Secretaría Técnica
de Vinculación**

Asunto: Constancia de participación en
proyecto de investigación

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

Por la presente se deja constancia que **Rodrigo Reygadas Reygadas** alumno de la carrera de Ingeniería Geológica con Número de Cuenta 308113585 ha colaborado en diversos proyectos de investigación con el Instituto de Geografía de la UNAM desde Agosto de 2017 hasta la fecha.

Dichos proyectos contemplan la realización de estudios de riesgo para asentamientos humanos irregulares así como el desarrollo de atlas de riesgos en algunos municipios del interior del país como en alcaldías de la ciudad de México. Tal es el caso del Atlas de Riesgos de la alcaldía Álvaro Obregón 2020, donde integró y realizó desarrollo de cartografía geológica, apoyo en vuelos de dron para la generación de ortomosaicos, visitas y recorridos de campo para el análisis y determinación de riesgos de origen geológico presentes en la zona de estudio.

Por los motivos antes mencionados El Instituto de Geografía a través de la Secretaría Técnica de Vinculación, hace de su conocimiento que la información utilizada por el alumno Reygadas Reygadas Rodrigo en su informe "Fenómenos Geológicos en los Atlas de riesgos" sea pública y sea utilizada para obtener el título de Ingeniero Geólogo.

Se extiende la presente para los fines que al interesado mejor convengan.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 21 de febrero de 2024.

EL SECRETARIO TÉCNICO DE VINCULACIÓN

BIÓL. ARMANDO PERALTA HIGUERA



Resumen

La edición 2020 del Atlas de Riesgos de la Alcaldía Álvaro Obregón es un documento que realizó el Instituto de Geografía de la UNAM el cual se integró por medio de cartografía temática y especializada. La descripción y análisis del territorio muestra de manera fiable las condiciones de riesgos en las que se encuentran algunas zonas de la demarcación. Es un documento elaborado bajo métodos cuantitativos transparentes y con respaldo de datos de fuentes oficiales gubernamentales y de instituciones educativas.

El Atlas tiene como objetivo la identificación detallada de amenazas o peligros que se presentan en la Alcaldía de Álvaro Obregón de la Ciudad de México, a través de un proceso que comprende el análisis entre las amenazas y peligros en interacción con elementos y componentes del medio social, en la que destaca la revisión documental y cartográfica de todos aquellos temas relacionados con los fenómenos naturales principalmente de origen geológico.

Finalmente, cabe destacar que este documento ayuda a identificar y mitigar los efectos de los fenómenos perturbadores de origen natural y, al mismo tiempo, fortalecer las capacidades adaptativas y promover la aceptación de medidas eficaces entre gobiernos locales y sociedad civil con el objeto de salvaguardar y mejorar la calidad de vida de la población.

Abstract

The 2020 edition of the Álvaro Obregón Alcaldía Risk Atlas is a document made by the UNAM's Geography Institute which was integrated through thematic and specialized cartography. The description and analysis of the territory reliably represents the risk conditions in which some areas of the demarcation are found. It is a document prepared under transparent quantitative methods and supported by data from official government sources and educational institutions.

This Atlas aims to identify in detail the threats or dangers that arise in the Álvaro Obregón Alcaldía of Mexico City through a process that analyzes the interaction between threats and dangers with elements and components of the social environment. This procedure involves the documentary and cartographic review of the impact of natural phenomena in society, mainly those of geological origin.

Finally, it is worth highlighting that this document helps to identify and mitigate the effects of disturbing natural . Simultaneously serves to strengthen adaptive capacities and promote the acceptance of effective measures between local governments and civil society to safeguard and improve the quality of life of the population.

Contenido

1. Introducción.....	1
2. Objetivos que cumple la creación de Atlas de Riesgos.....	2
3. Antecedentes.....	3
3.1 Fenómenos Geológicos.....	4
3.2 Vulnerabilidad.....	7
3.3 Vulnerabilidad social.....	7
4. Planteamiento del problema.....	8
5. Metodología.....	8
5.1. Zona de estudio: Alcaldía Álvaro Obregón.....	10
5.2 Geología.....	12
5.3 Geomorfología.....	13
5.4 Edafología.....	13
5.5 Clima.....	14
5.6 Hidrología superficial y subterránea.....	16
5.7 Topografía e hidrografía.....	17
6. Nivel de análisis.....	18
6.1 Determinación de la escala de representación cartográfica.....	24
6.2 Riesgo ante fenómenos geológicos.....	28
7. Conclusiones y recomendaciones.....	36
7.1 Recomendaciones generales.....	37
7.2 Recomendaciones para riesgo volcánico.....	38
7.3 Recomendaciones para riesgo sísmico.....	38
7.4 Recomendaciones para riesgo por procesos de remoción en masa.....	39
8. Bibliografía.....	41
Referencias.....	45
Anexos.....	48
Anexo 1. Mapas de riesgos.....	48

1. Introducción

La peculiaridad de la geografía y geología de la República Mexicana hace de cada lugar un sitio único e irrepetible por lo que la población de cada región ha tenido la necesidad de resguardar su integridad física, así como la de sus bienes. En la actualidad es necesario contar con elementos que proporcionen y/o ayuden a salvaguardar la integridad de la sociedad, por ello se trabaja con mapas, atlas y guías de vulnerabilidad y riesgo.

Los aspectos físicos y sociales del territorio son componentes altamente dinámicos y heterogéneos, por tal razón conforman diversos grados de complejidad al momento de determinar la vulnerabilidad y calcular los riesgos ante fenómenos naturales. Es de vital importancia la participación de gobiernos, instituciones y población en general para lograr una actualización recurrente de información espacial y demográfica, y de este modo contar con herramientas útiles tanto en la planeación territorial, como en la atención de emergencias.

El presente trabajo brinda un ejemplo preciso de la labor que se realiza para conformar un Atlas de Riesgos, específicamente el Atlas de Riesgos de la alcaldía Álvaro Obregón, en la Ciudad de México, México, donde los fenómenos naturales de carácter geológico, como lo son la susceptibilidad de laderas, el vulcanismo, la sismicidad y los hundimientos, son una parte medular en los instrumentos de regulación de protección civil. A partir de su análisis se derivan las medidas de contención así como las medidas de acción antes y durante el desarrollo de contingencias relacionadas con los fenómenos naturales antes mencionados.

El análisis y caracterización de los fenómenos geológicos busca realizar zonificaciones de riesgo mediante metodologías generadas a partir del peligro ante fenómenos naturales y la vulnerabilidad social en la zona de estudio para la generación de cartografía temática. Esta última tiene como objetivo sustentar los planes, acciones de prevención y lineamientos de las autoridades competentes de

cada entidad federativa ante contingencias de origen geológico. El presente trabajo se integra del apartado de objetivos en el que se incluyen los propósitos de la realización del Atlas de riesgos, sus lineamientos y el soporte cartográfico que busca. En el tercer capítulo se presentan los antecedentes basados en trabajos previos de la zona de estudio referente a los atlas de riesgo, la vulnerabilidad geológica y social. En el cuarto apartado se habla del planteamiento del problema, pues, dada la necesidad apremiante de integrar información sobre riesgos naturales es que se decide contribuir a minimizar riesgos mediante los Atlas de riesgo. A su vez, en el quinto apartado se aborda la metodología utilizada para la elaboración del Atlas así como la caracterización del medio físico de la zona de estudio, y en el sexto apartado se detalla el nivel de análisis que se abordó para cada uno de los peligros y riesgos geológicos de la zona de interés, así mismo, se determinó la escala gráfica para la realización de la cartografía temática. Finalmente se presentan, a partir del presente Atlas y sus resultados, conclusiones y recomendaciones a futuro que los gobiernos y actores sociales deberán realizar para salvaguardar la integridad de la población ante fenómenos perturbadores de índole geológico.

2. Objetivos que cumple la creación de Atlas de Riesgos

- 2.1 Generar información actualizada relacionada con fenómenos geológicos que puedan ser detonadores de amenazas y desastres para realizar la actualización e identificación de riesgos derivada de fenómenos geológicos, físicos y sociales en el territorio que por su naturaleza se reconocen como cambiantes en el tiempo y espacio.
- 2.2 Presentar material cartográfico temático y estandarizado con alto valor en temas tanto físicos como sociales, con el fin de que sean usados para la adecuada gestión de riesgos.
- 2.3 Brindar los lineamientos técnicos para la representación cartográfica relacionada con información temática de zonas de riesgo.

- 2.4 Servir como compendio cartográfico, de información y datos geográficos que hagan posible la consulta, análisis y toma de decisiones respecto de los distintos riesgos que se presentan en la zona de estudio.

3. Antecedentes

La Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), ha definido términos de referencia para brindar soporte y guiar a las autoridades locales y municipales del país en la construcción de instrumentos para el diagnóstico y detección de peligros geológicos, amenazas, vulnerabilidad y riesgos naturales (Términos de referencia para la elaboración y actualización de Atlas de Riesgo SEDATU, 2018). Esto con el fin de dotar a todos los actores de la sociedad civil y de gobierno con mecanismos y herramientas para prevenir y minimizar el riesgo ante fenómenos geológicos.

Los Atlas de Riesgos son herramientas de análisis y documentos de consulta, empleados para una simulación adecuada de los posibles escenarios, así como la estimación de pérdidas por desastres, que contienen información elemental para la comprensión y gestión de los potenciales riesgos. En México se genera cartografía temática para zonificar los riesgos por fenómenos naturales, donde se incluyen los fenómenos geológicos y se delimitan áreas de mayor impacto que afectan a la población; además, es una herramienta que contiene la identificación y diagnóstico de los peligros, así como el análisis y la jerarquización de los riesgos. Este tipo de documentos proporciona las bases que apoyan la toma de decisiones a distintas escalas y órdenes de gobierno; está dirigido a las autoridades e instituciones en la gestión del riesgo, emergencia y la protección civil, así como para los órganos encargados de la planeación territorial, desarrollo urbano y la protección ambiental. Es también un documento que funciona como material de referencia y consulta para la sociedad civil e instituciones académicas. Por la naturaleza dinámica de los fenómenos naturales y su riesgo, éste es un instrumento de actualización permanente. De esta manera se promueve que los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios o demarcaciones territoriales del país, según corresponda, elaboren y mantengan actualizados sus respectivos programas de protección civil y formen parte de sus planes de desarrollo.

Los Atlas de Riesgos se integran con la información cartográfica y bases de datos geográficas de geomorfología, uso de suelo, vegetación, topografía, climas, sismicidad y vulcanismo a nivel nacional, y que se pueden zonificar con áreas de las entidades federativas, municipales y de las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México (de acuerdo con las necesidades y escalas requeridas).

Acorde a lo anterior, es importante identificar los fenómenos geológicos perturbadores que originan amenazas y peligros a la población por lo que se describen a continuación.

3.1 Fenómenos Geológicos

A) Vulcanismo

El vulcanismo es un fenómeno natural de tipo geológico que se presenta a partir de la energía en forma de calor en el interior de la Tierra. Esta a su vez provoca movimientos de las placas tectónicas y funde sustratos rocosos al generar choques entre capas. El material rocoso fundido emerge y sale a la superficie de la corteza terrestre por aberturas naturales que se les conoce como volcanes, o bien por fisuras. El vulcanismo es el fenómeno de subducción, asociado a los límites de placas tectónicas, por ejemplo, en México entre las Placas de Rivera y la de Cocos hacia la Placa Norteamérica (Giner et al., 2021).

Las consecuencias de esta actividad pueden ser destructivas para la vida en la superficie, en muchos casos peligrosas para la población cercana a volcanes. Las erupciones volcánicas pueden resultar en distintos tipos de peligros, entre ellos se encuentran los flujos de lodo, caída de materiales piroclásticos, avalanchas, emisión de gases, flujos de lava y expulsión de cenizas, además que están asociados estrechamente a la actividad sísmica (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2018).

México es uno de los países con más volcanes en el mundo, ya que tiene más de dos mil elementos volcánicos (Lugo, 2002). La historia de la actividad volcánica es basta en

el territorio mexicano y en diversas ocasiones ha mostrado la fuerza interna que puede llegar a tener este fenómeno al cubrir pueblos completos con lava. El claro ejemplo es la erupción volcánica del volcán Parícutín, en San Juan Parangaricutiro, Michoacán en 1943.

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2017) se considera activo un volcán si ha presentado erupción dentro de un periodo de 10,000 años; en ese sentido, en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) contiene algunos volcanes considerados activos: los cuales son el Volcán de fuego (Colima), Sangagüey y Ceboruco (Nayarit), Parícutín y Jorullo (Michoacán), Xitle (Ciudad de México), Popocatepetl (Estado de México, Morelos y Puebla) y Pico de Orizaba (Veracruz).

B) Sismos

La sismicidad es un fenómeno de origen geológico que pone en riesgo los asentamientos humanos, así como la infraestructura construida. Los sismos están relacionados con la actividad interna de la Tierra, principalmente en la corteza terrestre y el movimiento de las placas tectónicas. La alta sismicidad en el país es generada por la interacción entre la Placa Norteamericana, la Placa de Cocos, la Placa del Pacífico, la Placa de Rivera y la Placa del Caribe, así como por fallas locales y regionales que recorren el territorio nacional a lo largo de varios estados. Por esto, se genera una alta incidencia de sismos (Evolución de la tectónica en México, (Servicio Geológico Mexicano 2017). Los Estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son las entidades con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen por debajo de la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe sobre la costa del Pacífico frente a estas demarcaciones. También, por esta misma acción sísmica, son afectados los Estados de Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Nuevo León, Sonora, Baja California, Baja California Sur y la Ciudad de México.

Los epicentros de los sismos se localizan comúnmente en diversos puntos del Océano Pacífico, y aunque la Ciudad de México no se encuentre sobre la costa, se ha convertido en el receptor sísmico de muchos de ellos debido a que se encuentra lo suficientemente

cercana para experimentar sus efectos. Además, la causa de que estos sean más dañinos en esta zona que en otros lugares, radica en la naturaleza de su terreno ya que se desarrolló en lo que fuese un lago.

C) Procesos de remoción en masa

Desde una perspectiva geomorfológica, los procesos de remoción en masa pueden definirse como movimientos de los materiales formadores de una ladera que ocurren por influencia directa de la gravedad (Brunsden, 1979). Si bien estos procesos han existido desde la formación del relieve de la Tierra y constituyen parte de su evolución natural, hoy día se consideran amenazas de origen natural, ya que los efectos de su dinámica pueden afectar a una población (Alcántara, 2008). Las amenazas naturales en una sociedad vulnerable generan condiciones de riesgo, mismas que al materializarse son la expresión tácita de un desastre.

La inestabilidad de laderas está condicionada, tanto en su origen y desarrollo, por diferentes mecanismos, los cuales ayudan a clasificar los tipos de procesos de ladera existentes; los caídos o derrumbes, flujos y deslizamientos, así mismo los deslizamientos se dividen en los rotacionales y los de traslación; en los deslizamientos rotacionales la principal superficie de cizallamiento es cóncava, precisando un movimiento rotacional en la masa de detritos y rocas. Las laderas con bloques densamente fracturados, las que no tienen vegetación y sustratos rocosos con estratificación horizontal y las laderas con depósitos morrénicos y de regolitos, son algunas condiciones que favorecen la existencia de este tipo de movimientos, CENAPRED (2004), por otra parte, en los deslizamientos de traslación, los fragmentos de rocas y masa de suelo se desplazan hacia afuera y abajo a lo largo de una superficie relativamente plana. La presencia de los deslizamientos de traslación resulta más común donde las pendientes se componen de materiales homogéneos, como en las arcillas. Por tanto, podemos decir que un Proceso de Remoción en Masa se define como un movimiento que consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies y que obedecen a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por efecto de corte, rellenos, deforestación, entre otros. (Suárez, 1998).

D) Hundimientos – Subsistencia

Desde el punto de vista geomorfológico, un hundimiento es un movimiento de una porción de la superficie terrestre independientemente de su extensión en forma vertical, en zonas de baja inclinación o pendiente del terreno, resultado de procesos y factores endógenos internos, principalmente la minería y procesos freáticos.

3.2 Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad se define desde diversos elementos de análisis. En el caso de las geociencias y la ingeniería, es relevante considerar el riesgo, la susceptibilidad, y la adaptación para establecer el concepto de vulnerabilidad. Por lo que se define como: la relación con alguna amenaza de origen físico, donde están involucrados fenómenos naturales producto de los eventos geológicos como los terremotos, las inundaciones (Ruiz, 2011), donde la unidad de análisis ya sea el individuo, el grupo social, y/o la infraestructura es susceptible a una situación de pérdida (Alwang et al., 2001).

3.3 Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como una 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 (Kuroiwa, 2002). En ese sentido, cada uno de estos factores contribuye de alguna manera a la vulnerabilidad ante riesgos como lo menciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020):

- Salud: se relaciona con la accesibilidad a los servicios básicos de salud, así como la capacidad de atención de estos; la insuficiencia de servicios de salud reflejará directamente parte de la vulnerabilidad de la población.

- Educación: influyen en la adopción de actitudes y conductas preventivas y de autoprotección de la población, asimismo, pueden mejorar sus conocimientos sobre fenómenos y riesgos.
- Vivienda: las características de la vivienda determinan en gran medida la calidad de vida de la población. En relación con los desastres asociados a fenómenos de origen natural, la vivienda es uno de los sectores que recibe mayores afectaciones.
- Empleo e ingresos: aportan elementos acerca de la generación de recursos que posibilita el sustento de las personas y la atención de sus necesidades inmediatas.

Población: se consideran aspectos relacionados con la distribución y dispersión de los asentamientos humanos, así como la presencia de grupos étnicos.

4. Planteamiento del problema

La creciente necesidad de vivienda en la Ciudad de México y en la zona conurbada ha obligado a la población a establecerse en zonas libres de población, sin considerar si dichos lugares son adecuados para los asentamientos humanos, poniendo en riesgo su integridad y sus bienes.

En un esfuerzo por solventar esta problemática se establecen zonificaciones de riesgo asociado a fenómenos naturales a partir de la generación de mapas para prevenir eventos generados por peligros principalmente peligros geológicos. Por lo cual, es de vital importancia la caracterización del medio físico de estas zonas para informar y prevenir a la población de los posibles riesgos que implica establecerse en dicha región. Para ello, en la Ciudad de México, a través de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil se han establecido regulaciones y programas que prevengan y mitiguen la mayor cantidad de desastres y pérdidas materiales y humanas.

5. Metodología

Para delinear los niveles de análisis con los que se evaluarán las amenazas y riesgos presentes en el área bajo estudio, se llevó a cabo una recopilación, documentación, y análisis de la información existente relevante a la temática; en este caso, la búsqueda consideró lo establecido en el Atlas Nacional de Riesgo (CENAPRED, 2019) y el Atlas de Riesgos de la Ciudad de México (PC-GCDMX, 2019). Siendo de relevancia en estos últimos, los datos de reciente adquisición de geología, geomorfología, edafología, clima, topografía, hidrología e hidrografía con el objetivo de tener mayor cantidad de información actual, así como la interpretación visual de imágenes satelitales de alta resolución y de libre acceso.

Se realizaron visitas a campo para tomar datos del medio físico (geología local a detalle y geomorfología), encuestas a la población y vuelos de dron (Figura 1 y 2, Tabla 1) para la determinación de los índices de vulnerabilidad social y delimitar zonificaciones de riesgo del área de estudio. Finalmente se generó cartografía actualizada con zonas puntuales de riesgo, así como recomendaciones y sugerencias para mitigar estos riesgos.



Figura 1. Vuelo de dron en la zona de estudio.



Figura 2. Ortomosaico generado a partir de vuelo de dron en la zona de estudio.

Tabla 1. Característica de equipo utilizado (dron).

Característica	Parámetro
Marca	Dji
Modelo	Mini 2
Resolución de la cámara	4k
Autonomía de la batería	30 minutos por batería
Distancia de vuelo	4 km a la redonda
Máxima elevación	500 metros

5.1. Zona de estudio: Alcaldía Álvaro Obregón

La zona bajo estudio se encuentra en la cordillera Neovolcánica o también conocida como Faja Volcánica Transmexicana. Esta cordillera tiene una longitud de aproximadamente 900 km por 130 km de ancho, la elevación promedio de esta cordillera es de 2,500 msnm, al oeste tiene limita con la Sierra Madre Occidental y al este con la Sierra Madre Oriental. Los estados por los que se extiende esta cordillera son: Nayarit, Jalisco, Michoacán, Colima, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala y Puebla. La alcaldía Álvaro Obregón (Figura 3) y se localiza en la zona poniente del Valle de México. La zona de estudio es una de las 16 Alcaldías que conforman la Ciudad de México, sus coordenadas son longitud W99°12'11.84" y latitud N19°21'31.21" y tiene un

área aproximada de 96.17 km², comparte límites político-administrativos con las siguientes demarcaciones: al norte con la Alcaldía Miguel Hidalgo, al oriente con las alcaldías Benito Juárez y Coyoacán, al sur con Tlalpan y Magdalena Contreras y al poniente con la Alcaldía Cuajimalpa y el Municipio Jalatlaco del Estado de México.

La Ciudad de México ha sido en muchas ocasiones sitio de acontecimientos sísmicos con devastadores consecuencias como los dos sismos más destructivos en la historia de México, los del 19 de septiembre de 1985 y de 2017. Los daños más severos de estos eventos se presentaron en su mayoría en zonas limítrofes entre el suelo rocoso y el suelo lacustre de la Ciudad de México, por lo tanto, la alcaldía Álvaro Obregón por su ubicación y forma, se localiza en una zona susceptible a sismos de magnitud entre 1 grado y 4.0 grados, sobre todo la porción noreste de la Alcaldía porción que coincide con lo descrito anteriormente.

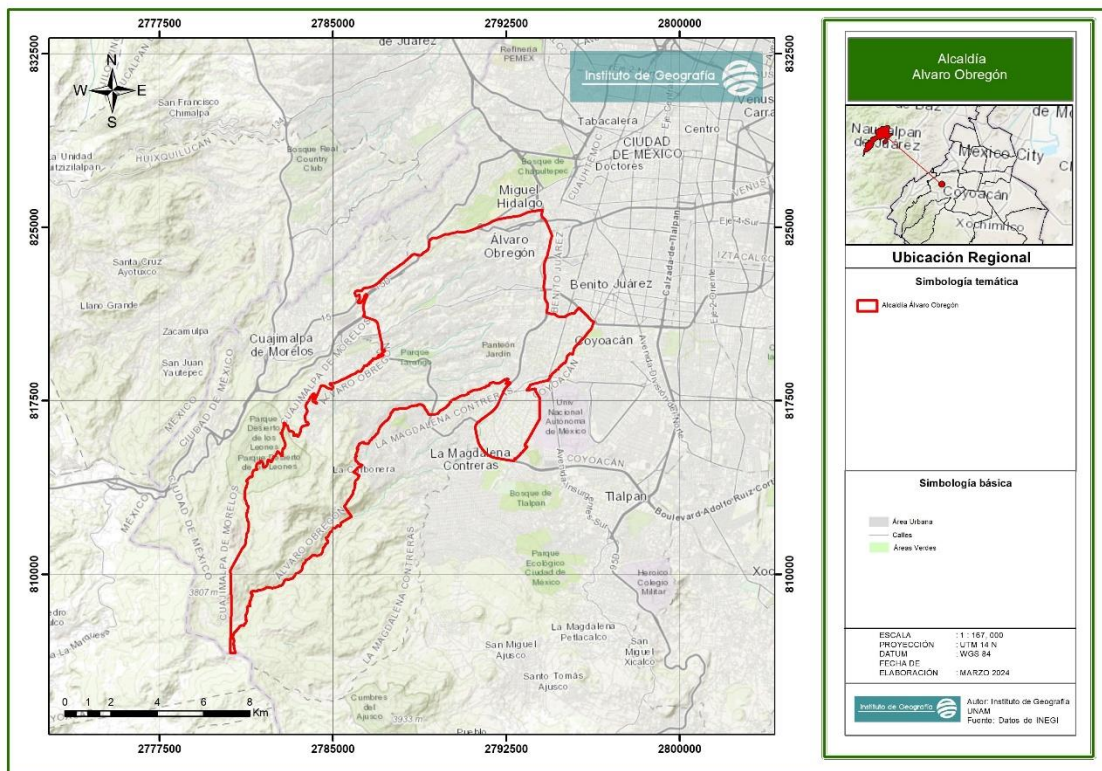


Figura 3 Área de estudio.
Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

5.2 Geología

En la alcaldía Álvaro Obregón, la unidad de rocas más antigua es del Mioceno, cuya litología predominante consiste en rocas volcánicas andesíticas y dacíticas intercaladas con depósitos de arenas pumicíticas, tobas arenosas y arcillosas, lahares con fragmentos de diversos tamaños inmersos en matrices tobáceas y arcillosas y, por último, tobas con alteración, pómez y suelos arcillosos. El material litológico que aflora tiene edades del Neógeno Cuaternario y se compone de rocas volcánicas y materiales derivados de estas. La estratigrafía del área está representada por depósitos volcano-sedimentarios que son resultado de la actividad que dio origen al conjunto de la Sierra de las Cruces. El piedemonte está compuesto de varios tipos de sedimentos que fueron denominados Formación Tarango (Bryan, 1948; Arellano, 1953). Posteriormente, (Mooser 1992), reconoció las siguientes unidades: 1) derrames piroclásticos, arenas azules de 270,000 años, 2) erupciones piroclásticas del volcán Xolopo, cuya edad determinó en 430,000 años, 3) erupciones plinianas compuestas de pómez, 4) derrames piroclásticos denominados Cuquita, y 5) depósitos de flujos piroclásticos originados por nubes ardientes de menos de 600,000 años. (Lugo Hubp y colaboradores 1995) definieron 9 unidades litológicas para la Formación Tarango: piroclastos finos, clastos de ceniza angulosos, ceniza con pómez, depósitos de derrames de flujos piroclásticos, depósitos de lahar, depósitos de flujo de lodo, conglomerados y lavas provenientes del volcán Xitle.

En la porción SE de la alcaldía, se extiende una gran zona rocosa conformada por basaltos y andesitas basálticas emitidos por actividad volcánica del volcán Xitle, las cuales se encuentran intercaladas con horizontes de escoria y que formaron algunas estructuras primarias como túneles de lava y chimeneas de explosión. La porción de menor altitud de la alcaldía se encuentra cubierta por sedimentos lacustres. En los lechos de ríos y en las desembocaduras de las cañadas hay materiales fluviales que se constituyen por arenas y gravas de rocas ígneas intermedias y fragmentos de piroclastos de pómez (Lugo et al.,1995).

5.3 Geomorfología

El origen volcánico y tectónico del relieve dio lugar a una configuración de vertientes que modifican la forma de los flujos de lava que están asociados a la Sierra de las Cruces (zona de análisis). En esta área se concentra la mayor parte de la población de la alcaldía, por ello es relevante considerar los riesgos de tipo geológico a los cuales se están exponiendo.

Dentro de las estructuras del mapa geomorfológico de la alcaldía Álvaro Obregón, se identifican 15 formas del relieve: volcán de lava; conos de escoria; domo; flujos de lava asociados a la Sierra de las Cruces; flujos de lava temprano asociado al Xitle; edificio volcánico parcialmente erosionado; laderas de montaña de origen volcánico modeladas por la acción fluvial; cauces; abanicos aluviales; antiguo valle glacial; morreras laterales; cauces parcialmente urbanizados; cauces urbanizados; vertientes parcialmente urbanizadas y, superficies transformadas y aterrazadas.

5.4 Edafología

Los suelos que constituyen el terreno de la alcaldía Álvaro Obregón provienen de la transformación de los materiales volcánicos y volcano-clásticos que conforman el material parental del relieve de la demarcación. De acuerdo con la información de edafología serie VII de INEGI hay presencia de cuatro unidades de suelo: andosol (T), feozem (H), litosol (I) y regosol (R), las cuales se describen a continuación. La unidad de suelo feozem se distribuye en la mayor parte de la demarcación, este tipo de suelo se asocia a regiones con clima húmedo, para que pueda llevarse a cabo el lavado del suelo, pero con estación seca. El relieve en el cual se suele encontrar va desde las zonas planas a las zonas con ligeras elevaciones con presencia de matorral o bosque como vegetación predominante. Los suelos denominados andosol se ubican, principalmente, en la parte más alta de la alcaldía. Son suelos que se desarrollan sobre cenizas y en materiales volcánicos recientes que suelen tener alto contenido de vidrio volcánico. Presentan espesores de hasta 50 cm y son de un aspecto oscuro con

una textura media. El litosol, un suelo joven y con poco desarrollo, principalmente pedregoso, se distribuye en la porción central de la alcaldía (INEGI, 2017).

5.5 Clima

El Valle de México se ubica en la zona intertropical, contiene simultáneamente diferentes climas en su interior y recibe una alta insolación durante todo el año, lo cual provoca que la temperatura ambiente sea relativamente alta en los rangos de los 28° a 30° Celsius. Sin embargo, dicha condición se ve modificada por la altitud y el relieve, de tal forma que en el sur se cuenta con un clima templado subhúmedo y en el centro es seco semiárido. Para el caso específico de la Alcaldía Álvaro Obregón, se registran cinco subtipos de clima según la clasificación de Köppen (García, 2004):

Cb'(w2)(w)(i)g

Clima semifrío con verano fresco largo, subhúmedo húmedo con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5% de precipitación máxima), temperatura anual isotérmica, marcha de temperatura anual tipo Ganges. Este clima se localiza en el extremo sur de la alcaldía, siendo esta región la de mayor altitud de dicha demarcación, este subtipo abarca el 21.4% del territorio de la Alcaldía Álvaro Obregón.

Cb(w2)(w)(i')g

Clima templado con verano fresco largo, subhúmedo húmedo con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5%), temperatura anual con poca oscilación, marcha de temperatura anual tipo Ganges. Este clima se localiza en el estrato altitudinal inmediato inferior al clima semifrío, y circunscribe al 13% de la superficie de la alcaldía en estudio.

Cb(w2)(w)(i)g

Clima templado con verano fresco largo, subhúmedo húmedo con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5%), temperatura anual isotérmica, marcha de temperatura anual tipo Ganges. Este clima tiene baja representación en Álvaro Obregón,

abarcando menos del 1% de su superficie, y desde un punto de vista hipsométrico se localiza en la zona media de dicho territorio.

Cb(w1)(w)(i')g

Clima templado con verano fresco largo, subhúmedo con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5%), temperatura anual con poca oscilación, marcha de temperatura anual tipo Ganges. Este es el clima más representativo de la alcaldía, abarcando casi la mitad de su superficie (47%), altitudinalmente se localiza en la parte media-baja de la demarcación.

Cb(w0)(w)(i')g

Clima templado con verano fresco largo, subhúmedo árido con lluvias en verano (lluvia invernal menor al 5%), temperatura anual con poca oscilación, marcha de temperatura anual tipo Ganges. Este clima se localiza en el extremo norte de la alcaldía Álvaro Obregón, siendo esta región la de menor altitud de dicha demarcación, este subtipo abarca el 17.5% del territorio de interés en el presente.

De manera puntual, para la estación climatológica 09049 – Tarango de la Comisión Nacional del Agua, la cual coincide con el subtipo climático más representativo de la Alcaldía Cb(w1)(w)(i')g, se reportan los siguientes datos promedio:

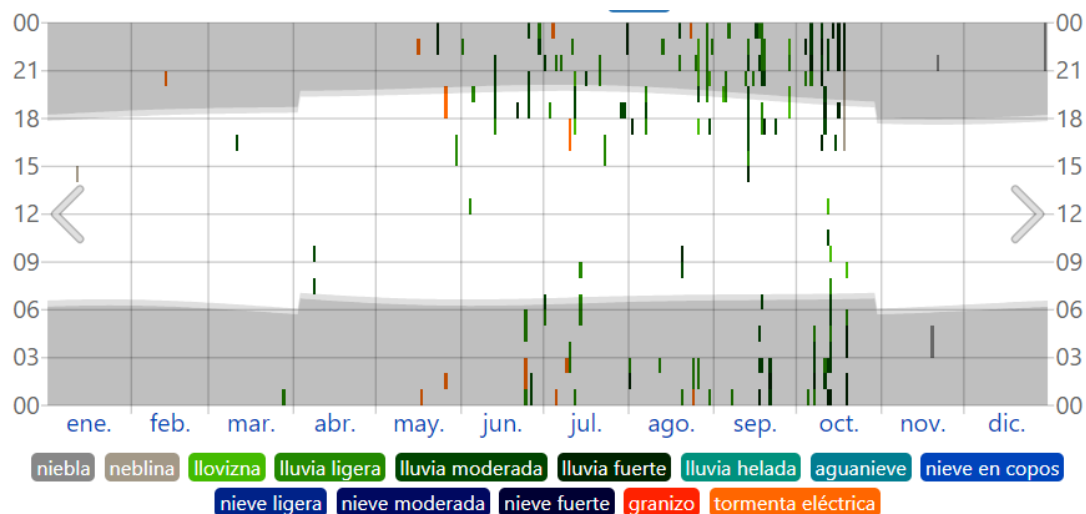
- Mes más lluvioso: Julio (198 mm)
- Mes más seco: Noviembre (4.8 mm)
- Mes más cálido: Mayo (18.3 °C)
- Mes más frío: Enero (12.8 °C)
- Precipitación anual total: 871 mm
- Temperatura media anual: 16 °C

Los datos muestran un patrón altitudinal marcado en la alcaldía Álvaro Obregón, pasando de climas fríos y húmedos en las partes altas (suroeste) a climas más cálidos y secos en las partes bajas (noreste), estos patrones climáticos marcarán una

dinámica territorial importante para los procesos determinantes al ordenamiento territorial, gestión integral de riesgos, y manejo hidrológico de las barrancas de Álvaro Obregón.

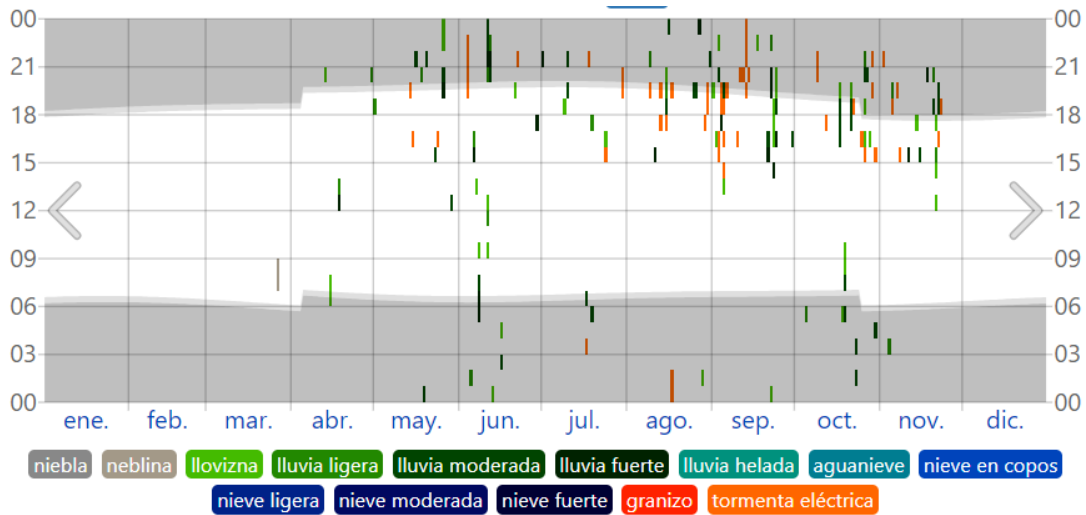
5.6 Hidrología superficial y subterránea

Las características hidrológicas de la Alcaldía están definidas por un patrón denso de drenaje conformado por una red pluvial de ocho subcuencas orientadas de oeste a este, cañadas y barrancas, así como de diferencias altitudinales de 500 metros aproximadamente entre la zona de pie de monte y la zona de lomerío y llanuras. Esta red fluvial pertenece a la Cuenca del Río Panuco, la Subcuenca del Río Moctezuma y del lago de Texcoco y Zumpango, está formada por los ríos Tacubaya, Becerra, Mixcoac, Tarango, Tequilazco, Tetelpan, Texcalatlaco y Magdalena (Atlas de Peligros Naturales y Antropogénicos para la Delegación Álvaro Obregón, 2011) y es alimentada por cinco manantiales adentrados en la zona de montañas de Sierra Las Cruces, así como las abundantes precipitaciones estacionales que van desde el mes de mayo hasta el mes de noviembre, siendo junio y julio los meses con mayores volúmenes registrados. A continuación, se muestran tres gráficos con la precipitación anual (Figuras 4, 5 y 6):



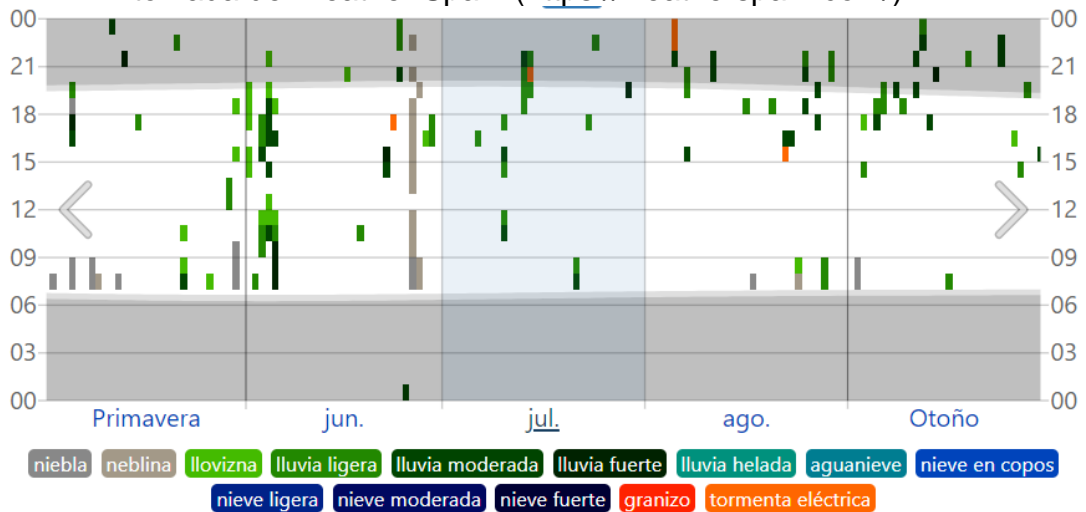
El tiempo observado por hora, codificado por color por categoría (en orden de gravedad). Si hay múltiples informes, se muestra el código más drástico.

Figura 4. Precipitación media anual 2011 para la alcaldía Álvaro Obregón, tomada de Weather Spark (<https://weatherspark.com/>)



El tiempo observado por hora, codificado por color por categoría (en orden de gravedad). Si hay múltiples informes, se muestra el código más drástico.

Figura 5. Precipitación media anual 2015 para la alcaldía Álvaro Obregón, tomada de Weather Spark (<https://weatherspark.com/>)



El tiempo observado por hora, codificado por color por categoría (en orden de gravedad). Si hay múltiples informes, se muestra el código más drástico.

Figura 6. Precipitación media anual 2020 para la alcaldía Álvaro Obregón, tomada de Weather Spark (<https://weatherspark.com/>)

5.7 Topografía e hidrografía

La alcaldía Álvaro Obregón se divide en dos grandes regiones topográficas, la zona urbanizada al centro y norte de la Alcaldía, y un área con relieve pronunciado en la

sección poniente y sur que inicia en la zona de San Bartolo Ameyalco, particularmente con el cerro Atesquillo, que cuenta con una altitud mayor de 2,900 msnm. A partir de este punto, y en dirección sur predomina un relieve abrupto que llega a alcanzar los 3,700 msnm. En esta zona, que corresponde al Parque Nacional Desierto de los Leones, hay presencia de manantiales y nacen algunas de las corrientes fluviales que descienden hasta la zona urbana. Estas corrientes son el Santo Desierto y el Río Hueyatlalco, la primera desciende por la barranca Hueyatla y la segunda por la barranca Atzoyapan.

En algunas de las barrancas que cruzan la alcaldía Álvaro Obregón existe volúmenes de aguas que descienden de las partes más elevadas de la alcaldía Cuajimalpa de Morelos al poniente del valle de México. Esta forma de la topografía fue aprovechada para establecer una serie de presas que retienen el flujo de las corrientes fluviales a fin de evitar inundaciones en las partes más bajas de la entidad, además que contribuyen a la recarga del acuífero.

6. Nivel de análisis

La estimación del riesgo puede valorarse de distintas maneras, por lo general se suele llevar a cabo mediante diversas metodologías simplificadas basadas principalmente en regresiones aritméticas o sobre-posicionamiento de archivos de sistema de información geográfica (álgebra de mapas). Dichas metodologías se componen de variables que presentan en forma general las amenazas y la vulnerabilidad, de tal manera que al conjugarlas se obtiene un indicador que estima el nivel de riesgo (SEDATU, 2016).

La alcaldía Álvaro Obregón presenta condiciones geomorfológicas, geológicas, hidrológicas y de cambio de uso de suelo, entre otros factores, que favorecen la susceptibilidad a inestabilidad de laderas, principalmente por derrumbes y deslizamientos, además por la presencia de flujos. Particularmente en la zona poniente de dicho territorio, existen zonas susceptibles a hundimientos, que representan una amenaza para la población. El uso de suelo y vegetación de la

alcaldía Álvaro Obregón presenta una marcada heterogeneidad producto del límite de la zona urbana de la ciudad de México y los ecosistemas del suelo de conservación. En este límite se presentan una diversificación de usos, producto de las actividades humanas hacia el territorio rural, lo que genera toda una serie de usos antropogénicos que se distribuyen a partir de la planicie y el piedemonte hacia las zonas medias de la sierra. Así mismo, es posible observar relictos de vegetación natural que bajan y se introducen hacia la ciudad, principalmente en la zona de barrancas, donde la topografía accidentada ha limitado el crecimiento de los asentamientos humanos permitiendo la persistencia de algunas zonas de bosques de encino.

A partir de la clasificación actualizada de usos de suelo y tipos de vegetación, mediante la aplicación de técnicas de interpretación visual y percepción remota sobre imágenes de satélite de alta resolución de Digital Globe con software Google Earth de año 2019, se determinaron 30 categorías de uso de suelo y tipos de vegetación de importancia para la elaboración de Atlas de Riesgos, fueron distribuidas de la siguiente manera: 3 categorías para usos agropecuarios con una superficie total de 189.2 ha y lo que corresponde al 2.3% del territorio de la alcaldía; 16 categorías para los diversos ecosistemas y asociaciones vegetales con una superficie total de 2,284.8 ha, correspondiendo al 28.2% de la superficie bajo estudio; 8 categorías de usos urbanizados que ocupan el 69.1% del territorio total de la alcaldía superando las 5,605 ha; y otras 3 categorías para otros usos que ocupan el restante 0.3% (Tabla 2.).

Tabla 2. Superficie por categoría de uso de suelo y tipos de vegetación (elaboración propia con datos de INEGI).

Tipo	Uso de suelo o tipo de vegetación	Superficie (ha)
Agropecuario	Agricultura de temporal	124.5
	Agricultura protegida	0.4
	Pastizal inducido	64.4
Ecosistemas	Bosque de encino	8.0
	Bosque de encino perturbado	308.8
	Bosque de galería	43.0
	Bosque de galería perturbado	269.5
	Bosque de oyamel	309.9
	Bosque de pino	98.6
	Bosque de pino perturbado	136.4
	Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino)	11.2
	Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino) perturbado	175.8
	Bosque mixto de pino-oyamel (incluye oyamel-pino)	223.0
	Bosque mixto de pino-oyamel (incluye oyamel-pino) perturbado	87.5
	Pastizal de alta montaña	81.7
	Pedregal	0.8
	Vegetación secundaria arbustiva y herbácea	339.0
	Zona mixta de pastizal y bosque de oyamel	29.1
	Zona mixta de pastizal y bosque de pino	162.6
Otros	Cuerpo de agua	19.9
	Tiradero de basura	2.1
	Zona de reforestación	5.9
Urbanizado	Asentamiento humano	23.8
	Industria	130.2
	Infraestructura	31.0
	Panteón	2.3
	Terracería	11.3
	Vialidad pavimentada	21.0
	Zona de crecimiento urbano	74.7
	Zona urbana	5,311.1
TOTAL		8,107.3

En síntesis, el relieve de la Alcaldía Álvaro Obregón cuenta con una zona de montaña, con laderas de andesitas que frecuentemente superan los 15° de inclinación, cubiertas por materiales piroclásticos; esta inclinación favorece en alto grado los procesos gravitacionales o de ladera. En las zonas de piedemonte, en las cuales disminuye considerablemente el valor de la pendiente, aunque por momentos presentan desarrollo de barrancos que también favorecen la ocurrencia de procesos de remoción en masa, de menor extensión, la presencia de asentamientos humanos resulta en un incremento en el riesgo de estos procesos. En la zona poniente de la alcaldía, existen una zona de planicie lacustre, en donde de manera notable se reduce el peligro por deslizamientos, flujos o derrumbes, aunque se incrementa el peligro por hundimientos. Los valores de cobertura por peligros geológicos se presentan en la tabla 3, y abarcan aproximadamente 9.9 km² de superficie en el sector oeste de la alcaldía.

Tabla 3. Valores por grado de peligro geológico en la Alcaldía Álvaro Obregón.

Susceptibilidad por Deslizamientos	Cobertura en km²	% del área de la alcaldía
Muy alto	9.813	12.14
Alto	19.124	23.66
Medio	23.837	29.49
Bajo	14.654	18.13
Muy bajo	13.402	16.58

Los flujos de material rocoso son eventos de caída de dicho material ladera abajo, que pueden continuar avanzando sobre superficies semiplanas. Estos flujos están asociados a un agente que favorece su desplazamiento (generalmente agua cuya fuente son precipitaciones intensas en el orden de los 1000 milímetros), con un comportamiento semifluido, de mayor velocidad que un derrumbe o deslizamiento, lo que da lugar a un potencial de daño con mayores distancias. En la zona de estudio se identificó una susceptibilidad por flujo que abarca 5.41 % de área con un peligro muy alto en el sector oeste de la alcaldía (Tabla 4) en el caso de los riesgos por derrumbes, la cobertura por grado se localiza en el sector oeste y abarca 14.92 % del área total de la alcaldía (Tabla 5). Para el caso de riesgo por susceptibilidad de laderas, de acuerdo con los análisis

realizados en el área de interés, se identifica una cobertura menor ya que solo un 3.94 % de superficie de la alcaldía está en esta zona de riesgo muy alto (Tabla 6). De acuerdo con los datos recabados se puede establecer que la zona con mayor riesgo geológico es la zona oeste de la demarcación Álvaro Obregón, como lo muestran los mapas obtenidos.

Tabla 4. Valores de cobertura por grado de susceptibilidad por flujos en la Alcaldía Álvaro Obregón.

Susceptibilidad por Flujos	Cobertura en km²	% del área de la alcaldía
Muy alto	4.37	5.41
Alto	9.93	12.29
Medio	13.83	17.12
Bajo	9.83	12.17
Muy bajo	42.81	52.97

Tabla 5. Valores de cobertura por grado de susceptibilidad por derrumbes para la Alcaldía Álvaro Obregón.

Susceptibilidad por Derrumbes	Cobertura en km²	% del área de la alcaldía
Muy alto	12.060	14.92
Alto	21.331	26.39
Medio	19.335	23.92
Bajo	15.051	18.62
Muy bajo	13.054	16.15

Tabla 6. Valores de cobertura por grado de susceptibilidad por laderas para la Alcaldía Álvaro Obregón.

Susceptibilidad por Hundimiento	Cobertura en km ²	% del área de la alcaldía
Muy alto	3.185	3.94
Alto	12.787	15.82
Medio	23.109	28.59
Bajo	14.485	17.92
Muy bajo	27.240	33.70

Tabla 7. Clasificación de las estructuras geomorfológicas (elaboración propia, con datos de INEGI).

Relieve endógeno	Relieve endógeno modelado	Relieve exógeno	Relieve antrópico
Volcán de lava	Laderas de montaña de origen volcánico modelado por la acción fluvial	Morrenas laterales	Cauces urbanizados
Domo			Vertientes parcialmente urbanizadas
Caldera	Edificio volcánico parcialmente erosionado	Abanicos aluviales	Cauces urbanizados
Conos de escoria			Superficies transformadas y aterrazadas
Flujos de lava asociados a la Sierra de las Cruces	Cauces	Antiguo valle glacial	
Flujos de lava temprano asociado al Xitle			

Tomando como base los datos e información ya mencionados, se construyó el siguiente Cuadro de Identificación Primaria de Peligros y/o Amenazas (CIPPA) correspondiente a la alcaldía Álvaro Obregón (Tabla 8), en la cual se establece de manera preliminar el nivel de peligrosidad determinado para cada fenómeno perturbador, lo cual determinará en nivel de análisis requerido para su apropiada evaluación.

Tabla 8. Identificación primaria de peligros o amenazas en Álvaro Obregón.

Origen	Fenómeno	Amenaza y/o Peligro				
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Geológico	Erupciones volcánicas				X	
	Sismos		X			
	Inestabilidad de laderas	X				
	Flujos	X				
	Hundimientos - subsidencia	X				

6.1 Determinación de la escala de representación cartográfica

Considerando la extensión del área de estudio, así como el nivel de detalle requerido para la elaboración de la cartografía a nivel alcaldía, se determinó que la escala cartográfica en la que se debe trabajar la evaluación del riesgo en Álvaro Obregón es de 1: 20,000.

Con base en lo anterior, y en atención a los criterios establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la Norma Oficial Mexicana NOM-023-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002), en este estudio, se emplea un área mínima cartografiable de diez mil metros cuadrados o una hectárea.

El cálculo de vulnerabilidad social toma como base el método propuesto por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en su documento “Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos - Evaluación de la vulnerabilidad física y social”. Dicho método toma como base informática el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para calcular 18 índices sociales base que conforman el indicador general de vulnerabilidad social.

Con base en los datos delimitados, se determinó que se cuantificarían 16 índices sociales a continuación enlistados en la tabla 9.

Tabla 9. Índices sociales de vulnerabilidad social.

Numero	Índice
1	Tasa de mortandad infantil.
2	Porcentaje de la población no derechohabiente a la seguridad social.
3	Porcentaje de analfabetismo.
4	Demanda de educación básica.
5	Grado promedio de escolaridad cursada.
6	Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada.
7	Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje.
8	Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica.
9	Porcentaje de viviendas con piso de tierra.
10	Porcentaje del déficit de vivienda.
11	Razón de dependencia en la población.
12	Tasa de desempleo abierto.
13	Densidad de población.
14	Porcentaje de la población de habla indígena.
15	Porcentaje de la población que presenta alguna discapacidad.
16	Porcentaje de viviendas que no disponen de tecnologías de la información y comunicación.

Estos índices fueron calculados y transformados a sus valores de peso específico, conforme a lo establecido en la “Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos Evaluación de la vulnerabilidad física y social”. Con excepción de los índices 15 y 16, los cuales fueron cuantificados de la siguiente manera:

El porcentaje de la población que presenta alguna discapacidad, mediante la ecuación:

$$\%PD = \frac{DISC1}{POB1} * 100$$

Donde,

%PD: Porcentaje de la población que presenta alguna discapacidad.

DISC1: Población con discapacidad.

POB1: Población total.

Los pesos específicos fueron determinados mediante una segmentación de *Jenks*, tomando referencia los valores de %PD para toda la Ciudad de México, y los cuales se reportan en la tabla 10.

Tabla 10. Peso específico definido para el %PD.

Rango %PD	Peso asignado
0 a 2.5%	0.00
2.5 a 5%	0.25
5 a 10%	0.50
10 a 20%	0.75
Mayor a 20%	1.00

Y, el porcentaje de viviendas que no disponen de tecnologías de la información y comunicación, mediante la ecuación:

$$VNDTIC = \frac{VIV40}{VIV2} * 100$$

Donde,

VNDTIC: Porcentaje de viviendas que no disponen de tecnologías de la información y comunicación.

VIV40: Viviendas particulares habitadas sin tecnologías de la información y la comunicación.

VIV2: Total de viviendas particulares habitadas.

Para este índice los pesos específicos igualmente fueron calculados mediante la segmentación de *Jenks*, tomando en cuenta todos los valores de VNDTIC para toda la Ciudad de México, que se reportan en la tabla 11.

Tabla 11. Peso específico definido para el %PD.

Rango del VNNTIC	Peso asignado
0 a 1%	0.00
1 a 2.5%	0.25
2.5 a 5%	0.50
5 a 10%	0.75
Mayor a 10%	1.00

Una vez calculados y ponderados todos los índices sociales, se realizó la integración del indicador general de vulnerabilidad social, conforme a lo indicado en la guía de CENAPRED, de esta manera obteniendo los valores crudos de vulnerabilidad en un rango posible que va de 0 a 1. El método propuesto por CENAPRED fue diseñado para evaluar la vulnerabilidad social para todos los municipios del país, por lo que los resultados obtenidos en la Ciudad de México presentaron una variabilidad muy baja. Dadas las condiciones relativamente homogéneas en cuanto a las características demográficas de la entidad, se realizó un proceso de escalamiento de valores; transformado los mínimos y máximos obtenidos para toda la Ciudad de México al rango de 0 a 100. Así mismo, la categorización de los niveles de vulnerabilidad fue redefinida mediante la segmentación Jenks aplicada a esos valores escalados, dando como resultado los niveles reportados en la Tabla 12.

Tabla 12. Categorización de los niveles de vulnerabilidad social.

Rango de Vulnerabilidad	Categoría asignada
0 a 18	Muy baja
18 a 25	Baja
25 a 33	Media
33 a 42	Alta
Mayor a 42	Muy Alta

Finalmente, los resultados de esta cuantificación de la vulnerabilidad social fueron trasladados a la delimitación de manzanas establecida por INEGI, de manera que pudieran ser empleados en las evaluaciones consecuentes del riesgo en la Alcaldía. Dichos resultados se observan en la Tabla 13 donde se reporta la distribución de número de manzanas y población total afectada por cada uno de los grados de vulnerabilidad social.

Tabla 13. Número de manzanas y población total que se encuentra en cada uno de los grados de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad	Manzanas	Población Total	Porcentaje de Población
Muy Baja	2,020	248,041	34.5%
Baja	1,967	308,446	42.9%
Media	962	134,580	18.7%
Alta	232	24,641	3.4%
Muy Alta	24	2,563	0.4%
Total	5,205	718,271	100.0%

Una vez analizada la amenaza-peligro de cada fenómeno perturbador presente en la alcaldía Álvaro Obregón y su vulnerabilidad, se estimó valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica. El riesgo, es la probabilidad de que ocurran daños y víctimas a causa de fenómenos naturales (Lugo, 2001); de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), es el resultado de la relación peligro, número de elementos afectados y la vulnerabilidad de la zona afectada.

6.2 Riesgo ante fenómenos geológicos

6.2.1 Riesgo por vulcanismo

La Alcaldía Álvaro Obregón, tiene una cercanía de 70 kilómetros aproximadamente al cráter el volcán activo más cercano, el Popocatepetl. Además, de acuerdo con el CENAPRED, el riesgo por vulcanismo representa un riesgo medio (Figura 7) a la población e infraestructura por caída de ceniza. Acorde a su ubicación la mayor parte de la alcaldía se encuentra en un nivel medio de riesgo.

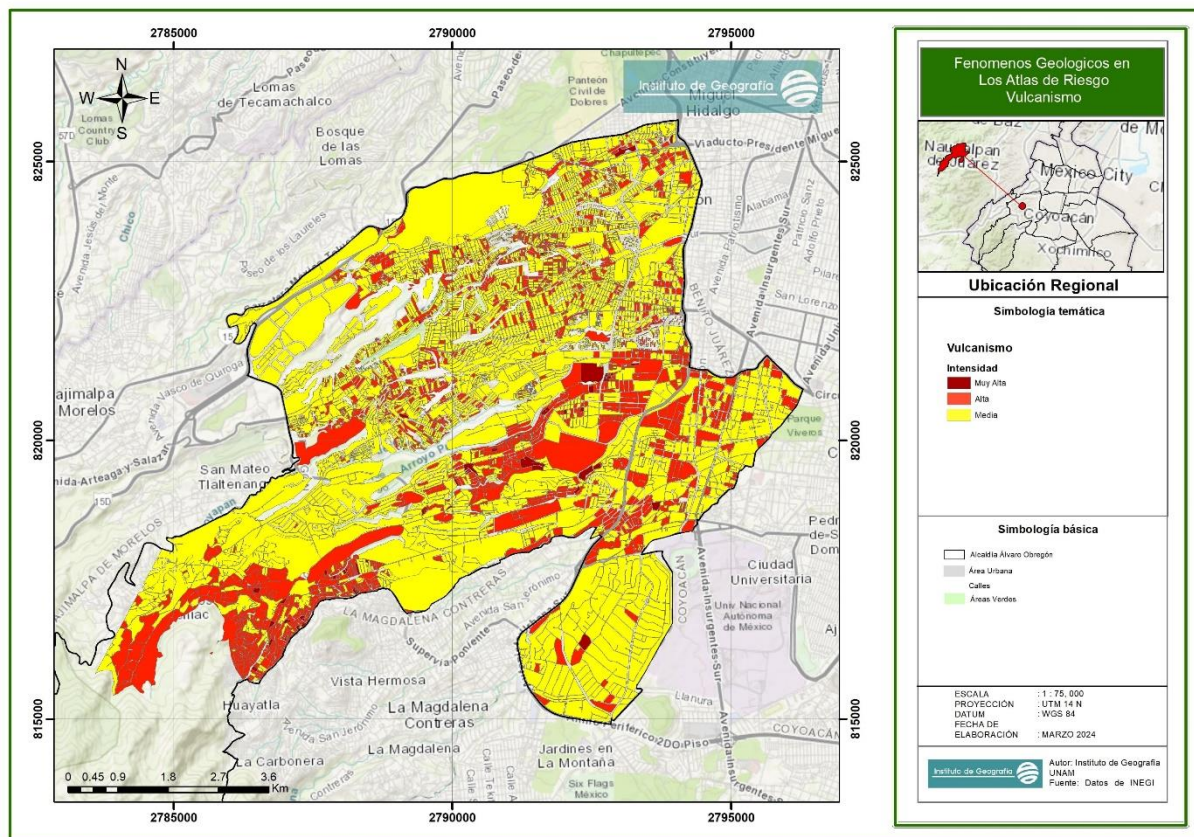


Figura 7. Mapa de Riesgo por Vulcanismo.
Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

Tabla 14. Porcentajes de intensidad por Vulcanismo

Intensidad	Área (m ²)	Porcentaje
Muy alta	51,487.8	0.99
Alta	12,752,413.14	24.43
Media	38,933,677	74.58

6.2.2 Riesgo por sismos

La sismicidad es un peligro si hay población expuesta, en este sentido, se tiene que analizar el grado de riesgo en el que se encuentran los componentes del territorio como son viviendas, edificaciones, bienes e infraestructura. La sismicidad es un riesgo importante en México y sobre todo en la Ciudad de México, la (Figura 8) muestra que la Alcaldía se encuentra en un nivel medio bajo de riesgo ante este fenómeno.

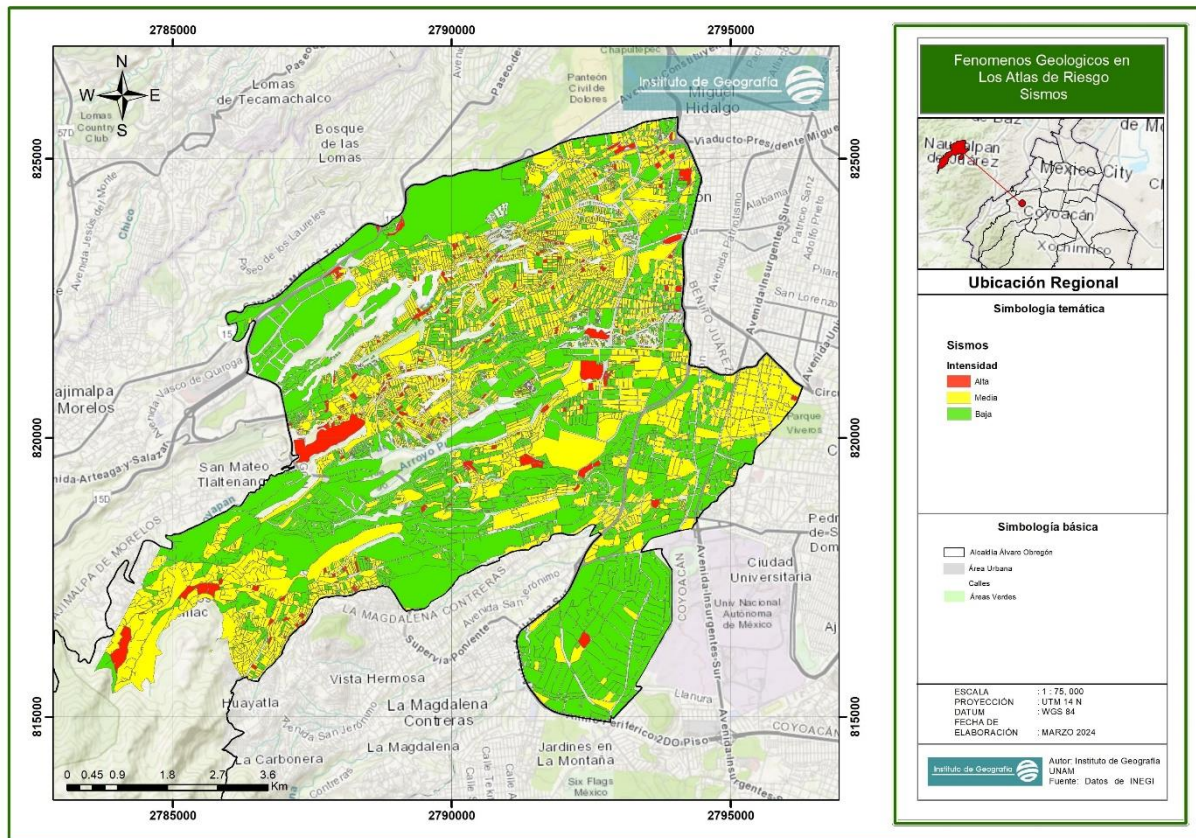


Figura 8. Riesgo por Sísmos
Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

Tabla 15. Porcentajes de intensidad por Sísmos

Intensidad	Área (m ²)	Porcentaje
Alta	17,526,37.65	3.36
Media	20,711,744	39.66
Baja	29,761,260	56.98

6.2.3 Riesgo por deslizamientos

Se ha logrado identificar que la zona de montaña es la más inestable, dadas las condiciones físicas presentes. Asimismo, la porción oriental es la más estable en términos de procesos de ladera. La zona de transición entre ambas regiones es la que posee áreas habitadas, por lo que en ellas se presentan condiciones de riesgo para la población ante deslizamientos, como se muestra en la (Figura 9).

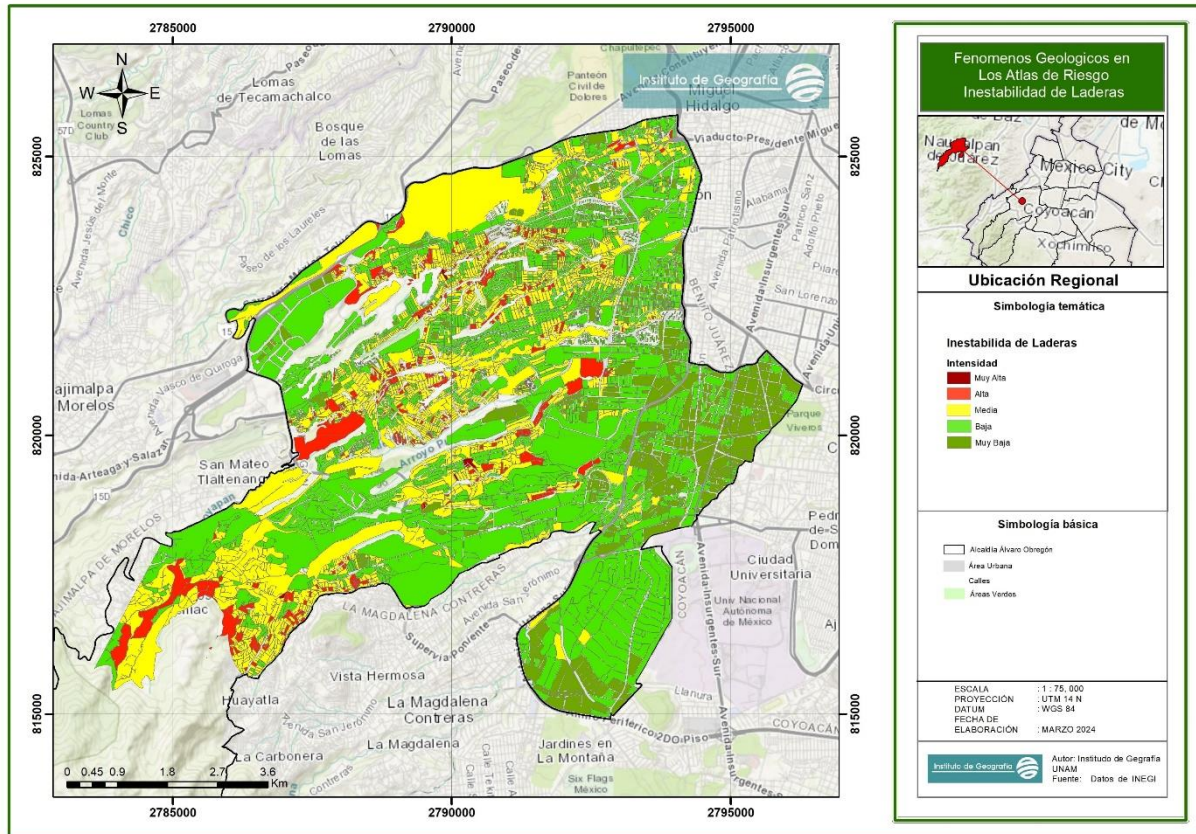


Figura 9. Riesgo por Deslizamientos Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

Tabla 16. Porcentajes de intensidad por Deslizamientos

Intensidad	Área (m ²)	Porcentaje
Muy Alta	48,803,79	0.09
Alta	28,105,146,2	5.38
Media	16,082,386	30.78
Baja	26,897,973,8	51.49
Muy Baja	64,021,047,8	12.25

6.2.4 Riesgo por flujos

Los flujos son el peligro asociado a la inestabilidad de laderas de menor presencia en la alcaldía. Sin embargo, las condiciones físicas que favorecen estos procesos son aquellas que, en términos generales, llegan a ser ocupados por población con condiciones que determinan altos valores de vulnerabilidad. Por lo que el riesgo es, comparativamente, menor respecto a otros procesos (como hundimientos o

derrumbes) en términos espaciales, pero el grado real de riesgo es muy alto en la sector tal centro-oeste de la alcaldía (Figura 10) ya que por sus condiciones geográficas puede tener afectaciones ante este fenómeno geológico.

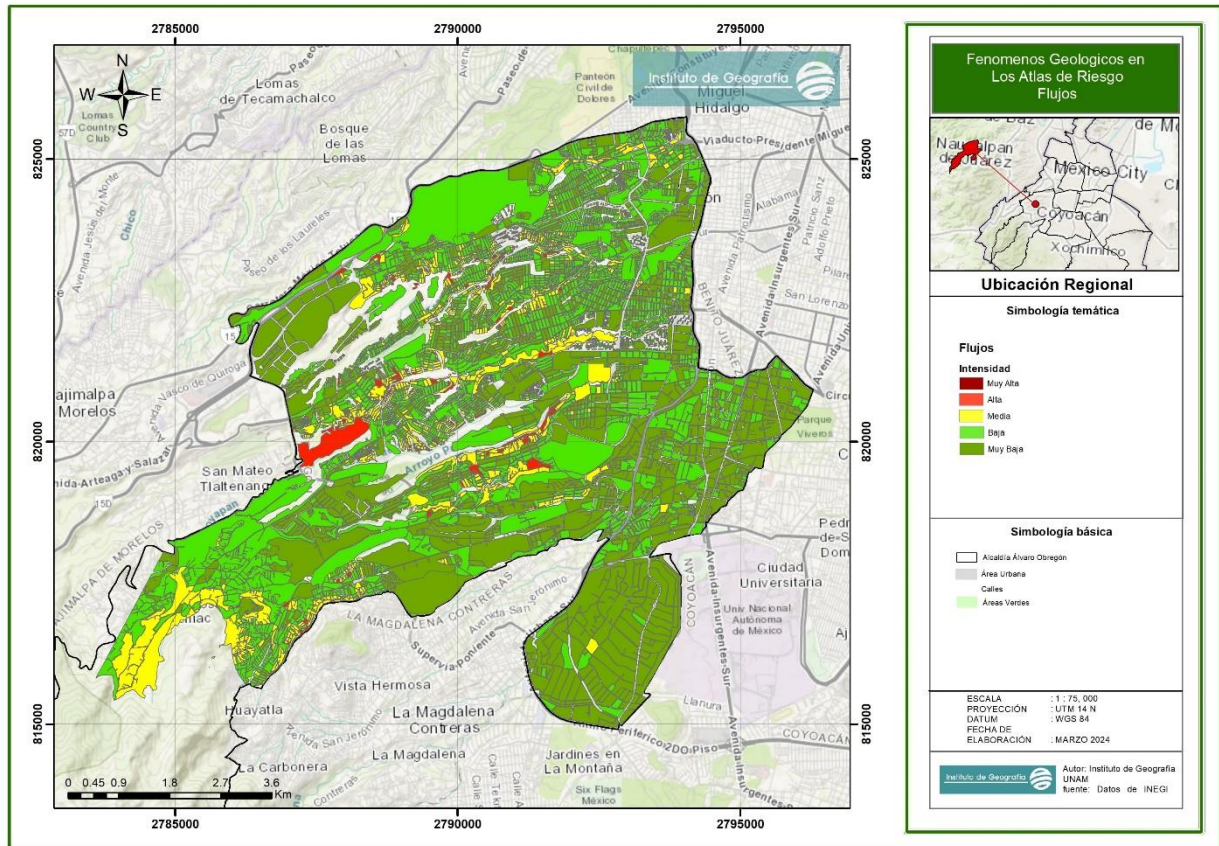


Figura 10. Riesgo por Flujos
 Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

Tabla 17. Porcentajes de intensidad por Flujos.

Intensidad	Área (m ²)	Porcentaje
Muy Alta	67,327	0.001
Alta	81,334,616	1.55
Media	55,558,313,4	10.63
Baja	23,046,993,26	44.11
Muy Baja	22831947.62	43.69

6.2.5 Riesgos por derrumbes

Los riesgos asociados a derrumbes en la alcaldía de Álvaro Obregón son los más extensos, dadas las condiciones físicas del territorio, algunas zonas localizadas en el

pie de montaña occidental y en las laderas de los cauces del norte presentan un riesgo muy alto y alto por posibles derrumbes. Por el contrario, en el sureste de la alcaldía el riesgo es bajo o muy bajo (Figura 11).

La probabilidad de ocurrencia de un derrumbe es mayor que la de los flujos y los deslizamientos, dado que no requiere de factores conocidos como detonantes o causantes de derrumbes. La sismicidad, actividad antrópica, deforestación, cambio de uso de suelo, vibraciones artificiales, hundimientos, precipitaciones (no muy intensas) e incluso únicamente la fuerza de gravedad puede favorecer la ocurrencia de derrumbes, de distinto grado de magnitud y volumen removido.

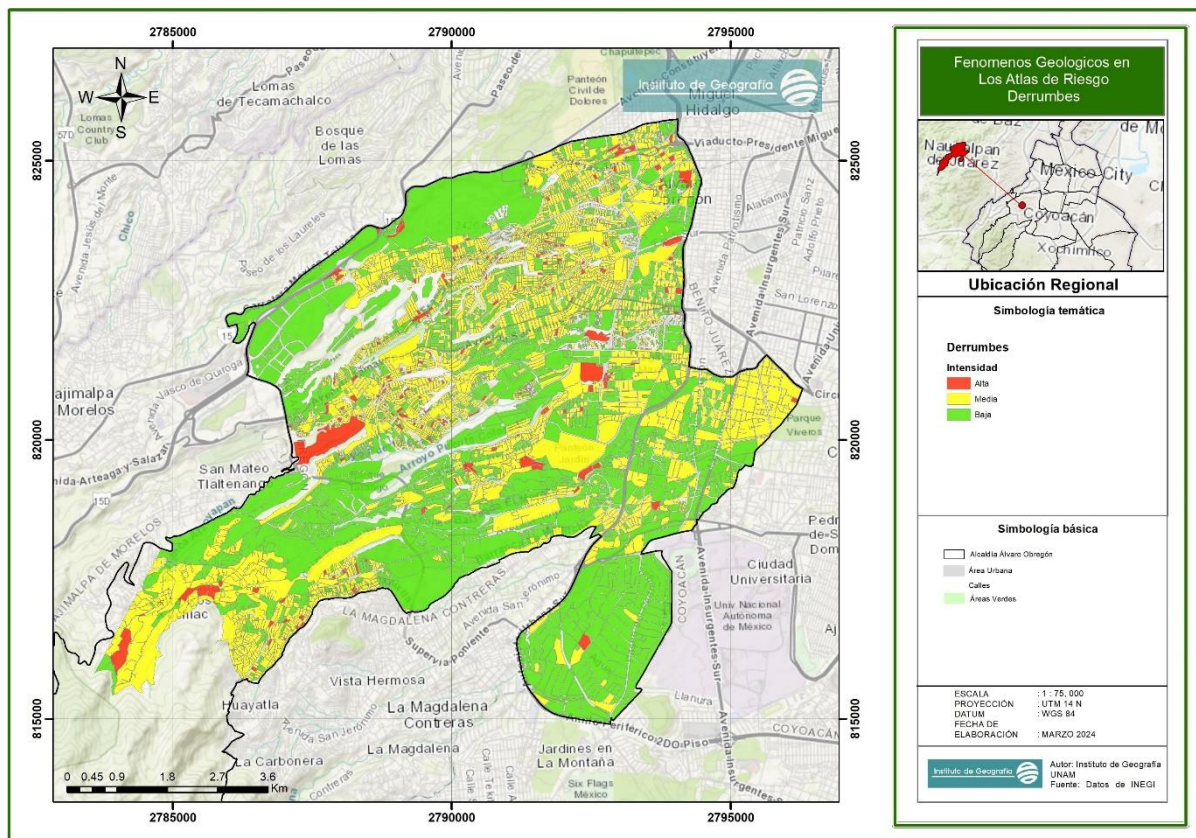


Figura 11. Riesgo por Derrumbes
Modificado de Instituto de Geografía, UNAM 2020

Tabla 18. Porcentajes de intensidad por Derrumbes.

Intensidad	Área (m²)	Porcentaje
Alta	1752637.65	3.355
Media	20711744	39.66
Baja	2976126	56

6.2.6 Riesgo por hundimientos

Previamente se ha mencionado que los hundimientos son un fenómeno geológico presente en amplias zonas habitadas de la alcaldía, los cuales son producto de la excavación de minas para la extracción de arena y otros materiales pétreos utilizados para el área de la construcción. Esto ha generado que ante la ausencia de estos materiales queden cavidades y galerías en el subsuelo por debajo de colonias y áreas con población en la superficie, lo cual implica un riesgo ya que con el peso de las viviendas e infraestructura se pueden generar hundimientos, particularmente en la porción norte y centro, en donde también existen manzanas con alta y muy alta vulnerabilidad. Lo anterior, resulta en zonas de muy alto y alto riesgo por hundimientos para la alcaldía de Álvaro Obregón principalmente en la zona norte de la misma (Figura 12).

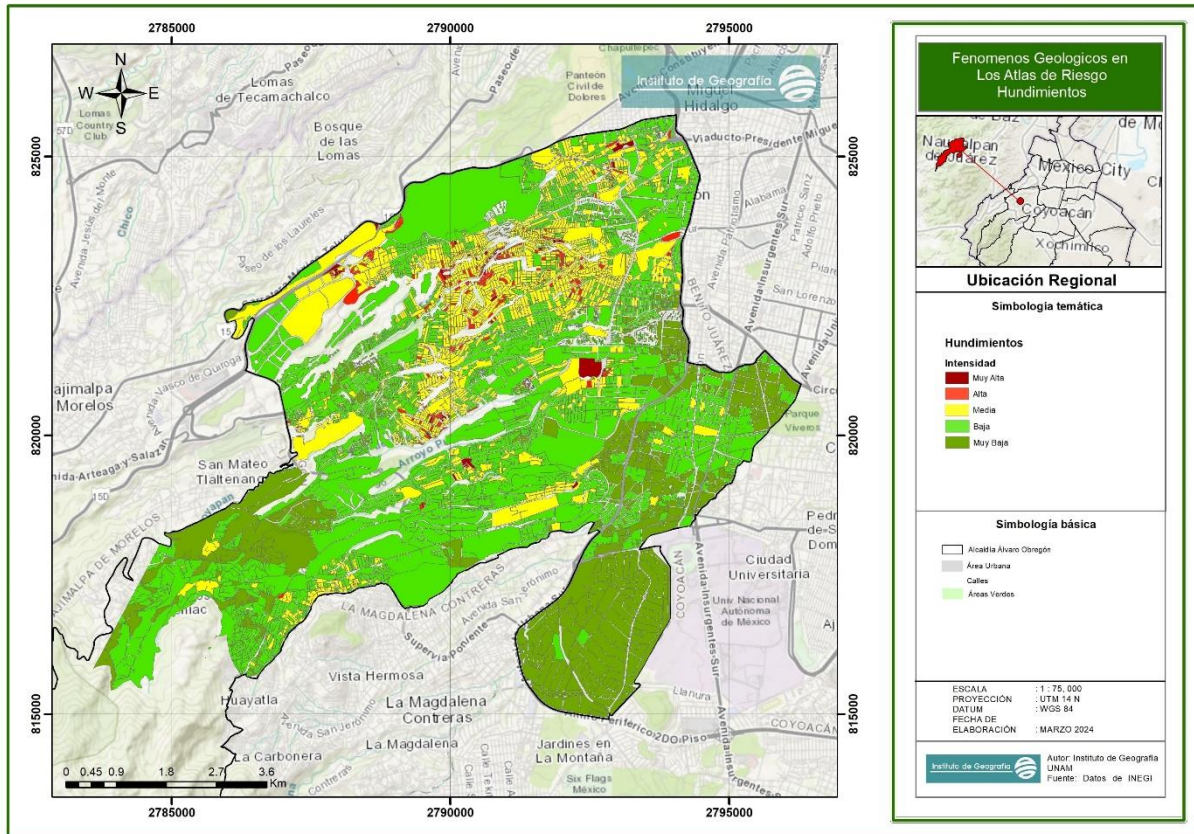


Tabla 19. Porcentajes de intensidad por Hundimientos

Intensidad	Área (m ²)	porcentaje
Muy Alta	284657.06	0.54
Alta	648754.53	1.24
Media	10183000	19.49
Baja	28744452	55.03
Muy Baja	12376542	23.69

Nota: Es importante mencionar que para un mejor detalle los mapas mostrados anteriormente se encuentran en un tamaño mayor en el Anexo 1.

7. Conclusiones y recomendaciones

- De acuerdo con los análisis, la búsqueda y procesamiento de la información obtenida y generada se puede establecer que el riesgo por fenómenos geológicos en la alcaldía Álvaro Obregón se deben principalmente a los derrumbes y deslizamientos de ladera, esto debido a las condiciones geomorfológicas de la alcaldía.
- En cuanto al riesgo por erupción volcánica la alcaldía muestra un riesgo medio en general debido a la cercanía de la Ciudad de México, y por ende de la alcaldía, con el volcán Popocatepetl.
- En cuanto a los riesgos por hundimientos, flujos y sismos, la alcaldía muestra un nivel de riesgo de bajo a medio debido a las condiciones de la litología y tipo de suelos, lo que implica que no sean riesgos potencialmente altos para la población e infraestructura de la alcaldía, sin embargo hay algunas zonas dentro del área de la alcaldía que pueden tener a mayor escala de riesgo debido a su infraestructura y construcción (materiales, cimentaciones, etc.) que potencialicen el efecto de un posible sismo o hundimiento causando un nivel de amenaza alto. De forma general se necesitan estudios periódicos que se difundan para informar a la población sobre los riesgos que implica establecerse sobre zonas con pendientes en la demarcación y evitar escenarios de riesgo y afectación a la población como a sus bienes.
- Los análisis de riesgos plasmados en el Atlas son de mucha importancia y parte crucial para el desarrollo y ubicación de nuevos asentamientos humanos, ya que las conclusiones antes mencionadas son la base para garantizar un desarrollo integral de la población y minimizar el riesgo ante los fenómenos que ya se han descrito. Mientras que para los asentamientos humanos y poblaciones ya establecidos en las zona de estudio, se deberá buscar mitigar y adecuar en la medida de lo posible las recomendaciones y conclusiones para contener el riesgo y peligro al que están expuestos ante los fenómenos perturbadores.

- Con base en los resultados analizados anteriormente en este apartado se concentrará una serie de recomendaciones los cuales apuntan una mejor integración de la Gestión Integral de Riesgos en la alcaldía Álvaro Obregón.
- Estas recomendaciones, que implican propuestas de estudios, obras y acciones, se enfocarán en la atención de riesgos geológicos, que a su vez pueden ser generales o específicas a algún fenómeno en particular.

7.1 Recomendaciones generales

- Realizar un catálogo y evaluación de albergues (permanentes, temporales o emergentes) e informar tanto a autoridades como a la población en general de su ubicación y condiciones.
- Mantener un programa de atención a los albergues de la alcaldía, que asegure su correcto funcionamiento (mantenimiento y mejora) de forma continua y permanente.
- Diseño y difusión de un plan familiar de protección civil, en el que se destaquen las posibles eventualidades con mayor probabilidad de ocurrencia, o con mayor potencial de afectación, conforme a lo identificado en este documento.
- Mejorar los canales de comunicación entre las diversas unidades responsables de la Alcaldía y la ciudadanía en general, con particular atención a la población bajo riesgo alto y muy alto para alguno de los fenómenos evaluados.
- Realizar prácticas o talleres de capacitación para las comunidades por parte de la Unidad de Protección Civil. Estos talleres deben incluir los temas de: comunicación y gestión del riesgo, prevención y preparación ante el riesgo, y acciones a tomar posterior a la ocurrencia de un desastre.
- Contener el crecimiento urbano en zonas de alto y muy alto riesgo, así como evitar el cambio del uso de suelo en zonas de importancia para la resiliencia territorial, como lo son las barrancas, áreas de valor ambiental y el suelo de conservación.

- Considerar realizar, en conjunto con la población, ejercicios de simulacro para los fenómenos más relevantes de la alcaldía. Dar énfasis o prioridad en aquellas zonas y asentamientos donde el nivel de riesgo es alto. Informando a la población que los simulacros forman parte del proceso de prevención y de resiliencia.
- Mejorar las capacidades del área de Protección Civil para el registro, administración y mantenimiento de una base de datos sobre el tema de riesgo de la Alcaldía. Esto con el fin de contar con información bien organizada, de detalle y gran escala sobre la ocurrencia de desastres y amenazas, así como de las vulnerabilidades presentes en la población de la alcaldía.

7.2 Recomendaciones para riesgo volcánico

- Realizar un estudio específico para el diseño, implementación y seguimiento de un Programa de Manejo de ceniza volcánica en la alcaldía.
- Reforzar en la población las recomendaciones del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) sobre las acciones a tomar durante la caída de ceniza proveniente del volcán Popocatepetl.

7.3 Recomendaciones para riesgo sísmico

- Identificar y definir, a detalle, aquellas zonas que cuenten con viviendas e infraestructura que, por sus características de diseño, proceso y materiales de construcción, presentan mayor potencial a ser dañadas por un sismo, poniendo énfasis en las zonas con riesgo alto.
- Asegurar el correcto cumplimiento del manual de construcción de la Ciudad de México en el territorio de la alcaldía.
- Realizar estudios específicos de microzonificación sísmica, considerando el tipo de terreno, presencia de minas, antecedentes de sismos ocurridos en la alcaldía y sus inmediaciones.

- Auxiliar en el seguimiento al correcto funcionamiento de la red de alertamiento sísmico y mantener comunicación constante con los habitantes de aquellas zonas o asentamientos que representan un muy alto riesgo sísmico. Si es posible, realizar simulacros con mayor frecuencia a fin de que los habitantes sean conscientes de la amenaza a la cual están expuestos.
- Con los resultados de la sistematización de simulacros, identificar las áreas de oportunidad para mejorar protocolos de emergencia, como en la mejora o ajuste de las zonas de seguridad y rutas de evacuación.

7.4 Recomendaciones para riesgo por procesos de remoción en masa

- Evitar factores que incrementan la erosión del suelo, como la remoción de la cobertura vegetal en laderas o partes altas de la cuenca.
- En casos puntuales, sugerir al personal de Protección civil valorar el lugar conforme al “Formato para la estimación del peligro de deslizamiento de laderas”, disponible en: http://www1.cenapred.unam.mx/DIR_SERVICIOS_TECNICOS/SANI/PAT/2017/4o%20trimestre/2362%20DI/10728/DS/octubre/UNIVERSUM-IGEOF/CAPITULO_V.pdf
- Considerar de manera importante, estudios de mecánica de suelos en zonas de alta inestabilidad, previo a la determinación de obras de estabilización de taludes.
- Estimar umbrales de precipitación que potencialmente causen flujos, para lo cual se recomienda la realización de estudios específicos, así como la aplicación de la red de estaciones meteorológicas e hidrométricas.
- Reducir a lo indispensable vibraciones superficiales, tomando como referencia la normatividad vigente en materia.
- Realizar obras de contención natural en áreas (laderas) de peligro alto y muy alto, estas obras están sujetas a estudios específicos para su diseño, implementación y mantenimiento.

- Evitar nuevas construcciones en zonas de riesgo, particularmente en barrancos, así como evitar cortes en laderas para cualquier tipo de construcción. En casos indispensable, estabilizar el terreno con obras de ingeniería de contención.
- En zonas de alto riesgo evitar construir de manera subterránea líneas de servicios (electricidad, comunicaciones, combustibles, etc.).
- Edificar sistemas de desagüe funcionales, con revisión constante evitando fugas.
- Limitar edificaciones altas (más de tres niveles), en zonas con peligro alto y muy alto. En ese sentido se sugiere reforzar y fiscalizar la normatividad en materia de construcción y desarrollo urbano.
- Capacitar al personal de protección civil para identificar evidencias superficiales de potenciales hundimientos a corto y mediano plazo.

8. Bibliografía

Agencia Informática CONACYT. 2018. Sismos y vulcanismo en México. Disponible en <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/la-tierra/22013-sismos-y-vulcanismo-en-mexico>

Alcaldía Álvaro Obregón. 2018-2021. Disponible en: <http://www.aao.cdmx.gob.mx/>

Arellano, A. R. V. 1953. Estratigrafía de la cuenca de México. Congreso Científico Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., Memorias, 3, 172-186.

Atlas de Peligros Naturales y Antropogénicos para la Delegación Álvaro Obregón. 2011.

Alwang, J., P. Siegel, and S. Jorgensen. 2001. Vulnerability: a view from different disciplines, Social Protection Discussion Paper Series, The World Bank, Washington.

Bryan, K. 1948. Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México, en relación con los cambios climáticos. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 13, 1-20.

CENAPRED. 2014. Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y Riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad física y social.

CENAPRED. 2014. Series Fascículos Ciclones tropicales. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/5-FASCCULOCICLONESTROPICALES.PDF>

CENAPRED. 2014. Series Fascículos Heladas. Disponible en:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112857/122-FASCCULOHELADAS.compressed.pdf>

CENAPRED. 2014. Series Fascículos Sequias. Disponible en:
<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/8FASCCULOSEQUAS.PDF>

CENAPRED. 2019. Series Fascículos Inundaciones. Disponible en:
<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>

CENAPRED. 2019. Series Fascículos Tormentas severas. Disponible en:
<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/189-FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF>

CENAPRED. 2019. Atlas Nacional de Riesgos. Centro Nacional para la Prevención de Desastres. Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad. Secretaria de Gobernación. México. Disponible en:

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/indicadores-municipales.htm>

Corona & Benavides. 2012. Principales efectos causados por el sismo del 20 de marzo de 2012 en la costa de los estados de Guerrero y Oaxaca, México

DETENAL. 1978. Carta Geológica E14A39 Ciudad de México. Escala 50,000. Secretaria de Programación y Presupuesto, México D.F.

Fondo para la comunicación y educación ambiental A. C. 2008. Hidrología de la delegación Álvaro Obregón.

Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Delegación Álvaro Obregón. 2018. Programa de acción climática de la delegación Álvaro Obregón.

Garrocho C., Campos., & Chávez T. 2018. Análisis espacial de los inmuebles dañados por el sismo 19s2017 en la Ciudad de México. *Salud Publica*.60: 31-40.

Giner-Robles, Jorge Luis, Pérez-López, Raúl, Elez, Javier, Silva, Pablo, Roquero, Elvira, Ramos, Adrià, Canora, Carolina, Rodríguez-Escudero, Emilio, & Rodríguez-Pascua, Miguel Ángel. 2021. Análisis 3 D de la deformación y cinemática de la Fosa Mesoamericana en la confluencia entre las placas de Rivera y Cocos con las placas Caribe y Norteamericana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 73(2), 00013. Epub 31 de enero de 2022. <https://doi.org/10.18268/bsgm2021v73n2a150121>

Kuroiwa, J. 2002. "Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza", Lima, Enero 2002.

Lugo Hubp, J., Cordero Estrada M., Zamorano Orozco, J. J. 1995. Relieve, litología y riesgos en la zona urbana de la delegación Álvaro Obregón, Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12-1, 52-67.

Lugo Hubp, J. 2002. Reseña de "Los volcanes de México" de Hugo Delgado Granados. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, (48), 132-133.

Mooser, F., Montiel Rosado, A., Zúñiga Arista, A. 1992. El suroeste de la cuenca de México en el nuevo mapa geológico. En Sánchez Mora, I. ed. *Experiencias geotécnicas de la zona poniente del Valle de México*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. 5-16.

Ruiz Rivera, Naxhelli. 2012. La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones geográficas*, (77), 63-74. Recuperado en 06 de abril de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000100006&lng=es&tlng=es.

PC-GCDMX. 2019. Atlas de Riesgos de la Ciudad de México. Análisis de peligros y exposición. Secretaría de Protección Civil, Gobierno de la Ciudad de México. México. Disponible

en: <http://www.atlas.cdmx.gob.mx/analisisn2/> (consultado: octubre 2019)

Pérez-Gavilán, Juan José, Aguirre, Jorge y Ramírez, Leonardo. Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. Salud Pública de México [online]. 2018, v. 60, n. Suppl 1 [Accedido 1 Setiembre 2020], pp. 41-51. Disponible en: < <https://doi.org/10.21149/9300>>. ISSN 0036-3634.

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Álvaro Obregón.

SEDATU. 2016. Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de peligros y/o riesgos 2016.

SEDATU y elaborado por el municipio con recursos propios. Cobertura de Atlas Municipales. Disponible en: <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html>

Secretaría de Protección Civil. 2014. Atlas de Peligros y Riesgos de la Ciudad de México, Actualización de los mapas de Riesgos Álvaro Obregón.

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-023-RECNAT-2001, Que establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos. Diario Oficial de la Federación. En vigor: 08/02/2002.

Servicio Geológico Mexicano. 2017. Evolución de la tectónica en México.

Servicio Geológico Mexicano. 2017. Vulcanismo.

Servicio Geológico Mexicano. 2017. Volcanes de México.

SEDATU 2018. Términos de referencia para la elaboración de Atlas de peligros y/o riesgos.

Referencias.

Alcántara Ayala, I., & Murillo García, F. G. (2008). Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 66, 47-64.

Arellano, A. R. V. 1953. Estratigrafía de la cuenca de México. Congreso Científico Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., *Memorias*, 3, 172-186.

Alwang, J., P. Siegel, and S. Jorgensen. 2001. Vulnerability: a view from different disciplines, Social Protection Discussion Paper Series, The World Bank, Washington.

Bryan, K. 1948. Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México, en relación con los cambios climáticos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 13, 1-20. Arellano, A. R. V. 1953. Estratigrafía de la cuenca de México. Congreso Científico Mexicano, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., *Memorias*, 3.

Brunsdon, D., 1979, Mass Movement, in Embleton, C. y Thomes, J. B., *eProcess in Geomorphology*: New York, John Wiley & Sop. 130-186.

CENAPRED (2004). Centro Nacional de Prevención de Desastres, SEGOB, *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y*

Riesgos, Serie: Atlas Nacional de Riesgos. México 2004. [fecha de consulta: 9 de junio de 2021].

Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2018 Lugo Hubp, J. 2002. Reseña de "Los volcanes de México" de Hugo Delgado Granados. Investigaciones Geográficas (Mx).

Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. (1998). Suárez Díaz Jaime.

Evolución de la tectónica en México. (2016). Servicio Geológico Mexicano. <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Evolucion-tectonica-Mexico.html>

García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana (5ª ed.). México: Instituto de Geografía, UNAM

Giner-Robles, Jorge Luis, Pérez-López, Raúl, Elez, Javier, Silva, Pablo, Roquero, Elvira, Ramos, Adrià, Canora, Carolina, Rodríguez-Escudero, Emilio, & Rodríguez-Pascua, Miguel Ángel. 2021. Análisis 3 D de la deformación y cinemática de la Fosa Mesoamericana en la confluencia entre las placas de Rivera y Cocos con las placas Caribe y Norteamericana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 73(2), 00013. Epub 31 de enero de 2022. <https://doi.org/10.18268/bsgm2021v73n2a150121>

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), Censo de Población y Vivienda 2020, México.

Kuroiwa, J. 2002. "Reducción de desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza", Lima, Enero 2002.

Lugo Hubp, J., Cordero Estrada M., Zamorano Orozco, J. J. 1995. Relieve, litología y riesgos en la zona urbana de la delegación Álvaro Obregón, Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 12-1, 52-67.

Lugo Hubp, J. 2002. Reseña de "Los volcanes de México" de Hugo Delgado Granados. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, (48), 132-133.

Mooser, F., Montiel Rosado, A., Zúñiga Arista, A. 1992. El suroeste de la cuenca de México en el nuevo mapa geológico. En Sánchez Mora, I. ed. *Experiencias geotécnicas de la zona poniente del Valle de México*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. 5-16.

PC-GCDMX. 2019. Atlas de Riesgos de la Ciudad de México. Análisis de peligros y exposición. Secretaría de Protección Civil, Gobierno de la Ciudad de México. México. Disponible

¿Qué es un volcán activo? (2017). Centro Nacional de Prevención de Desastres. <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/que-es-un-volcan-activo-enterate#:~:text=Cuando%20hablamos%20de%20un%20volc%C3%A1n,sin%20manifestaciones%20externas%20e%20internas>

Ruiz Rivera, Naxhelli. 2012. La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones geográficas*, (77), 63-74.

SEDATU 2018. Términos de referencia para la elaboración de Atlas de peligros y/o riesgos.

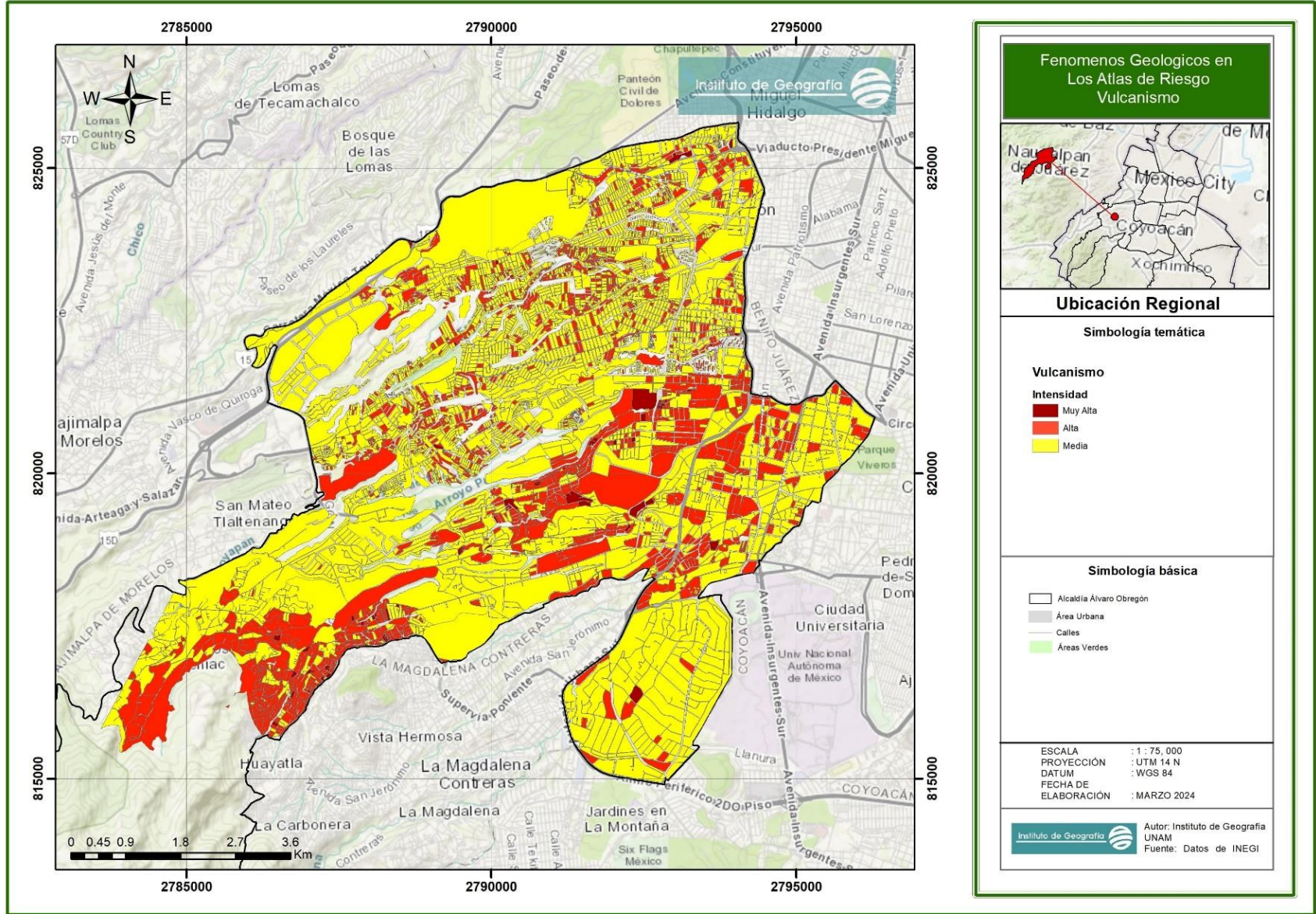
SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-023-RECNAT-2001, Que establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos. Diario Oficial de la Federación. En vigor: 08/02/2002.

Servicio Geológico Mexicano. 2017. Tectónica de Placas.

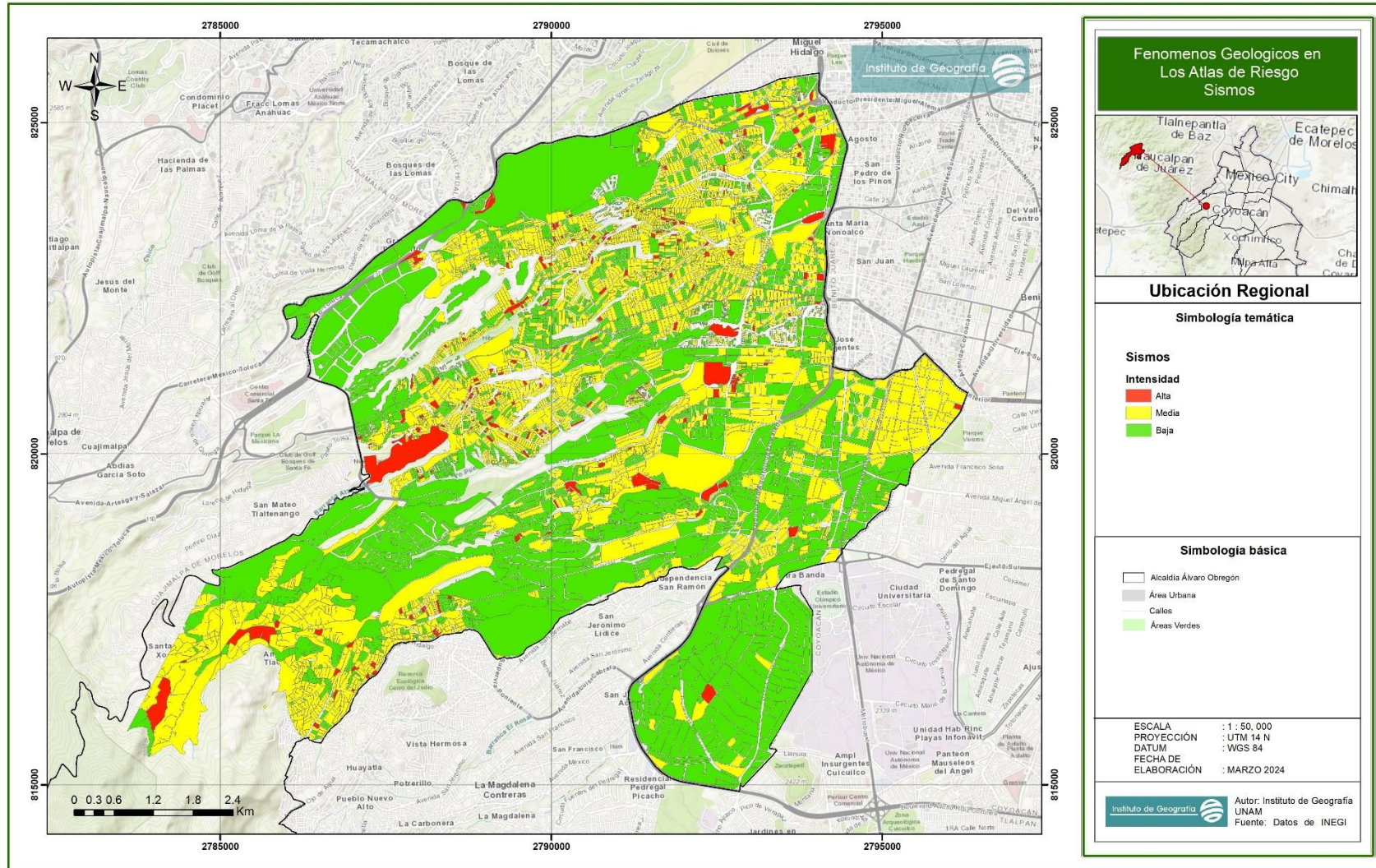
Anexos

Anexo 1. Mapas de riesgos

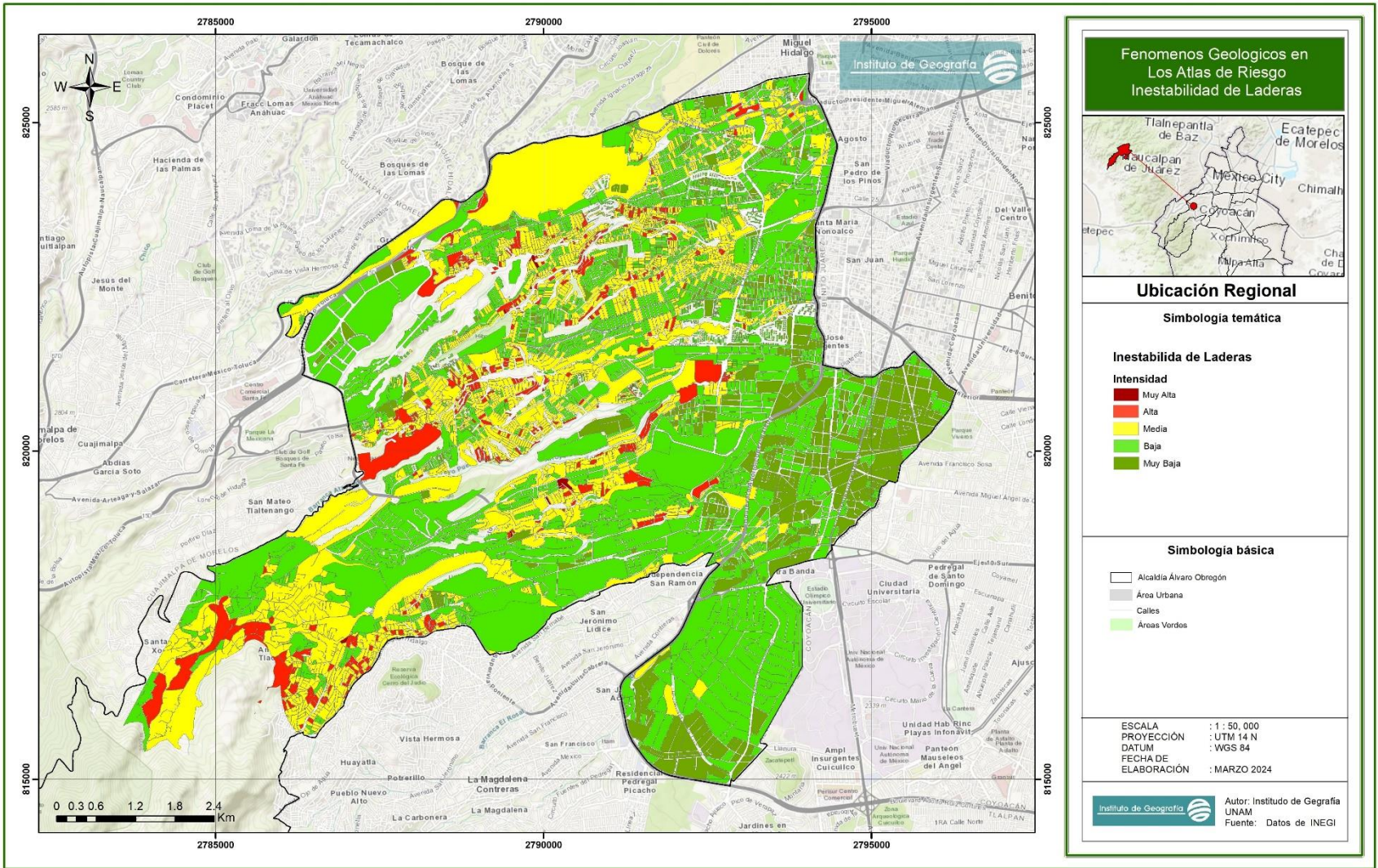
Riesgo por Vulcanismo



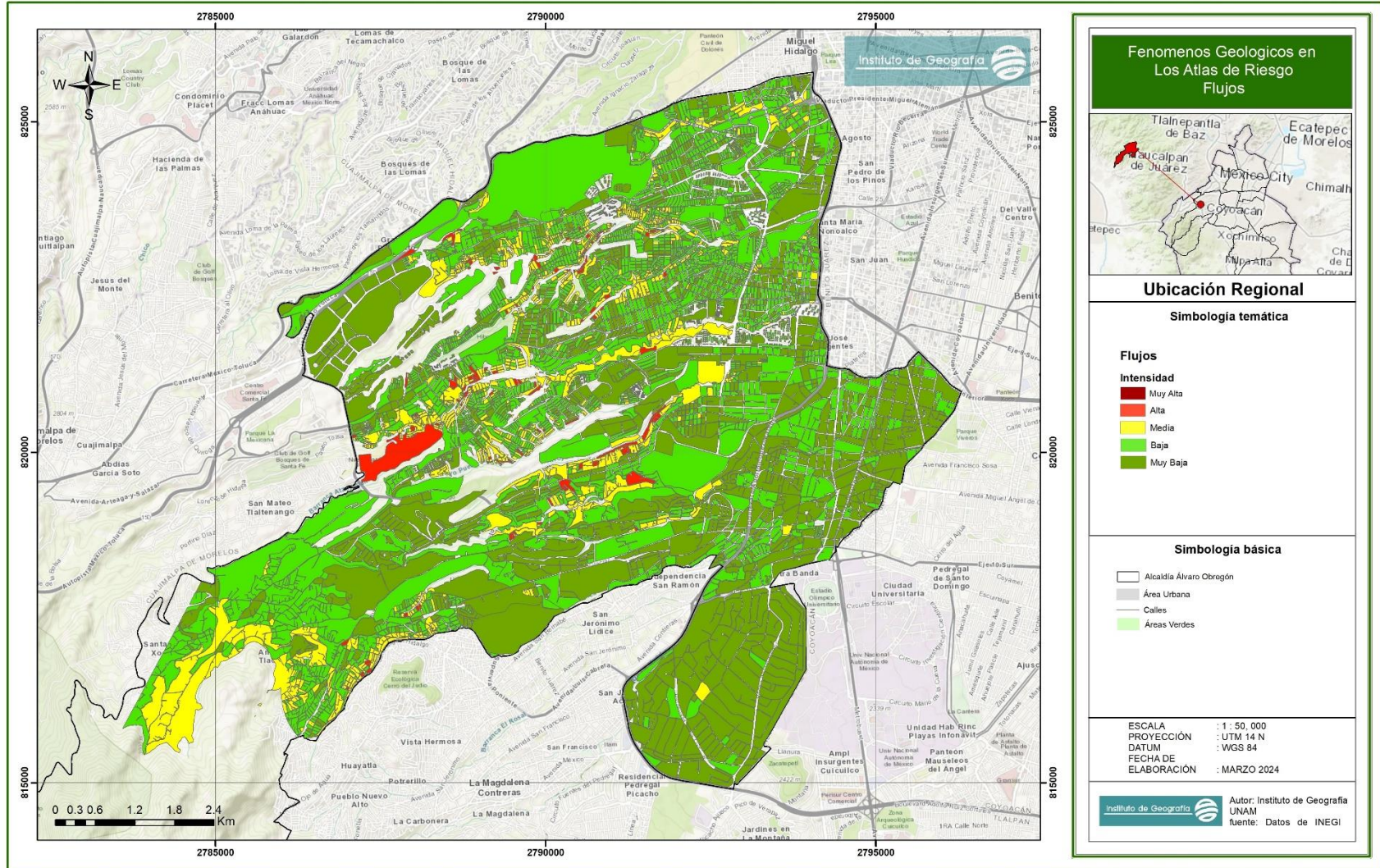
Riesgo por Sismos



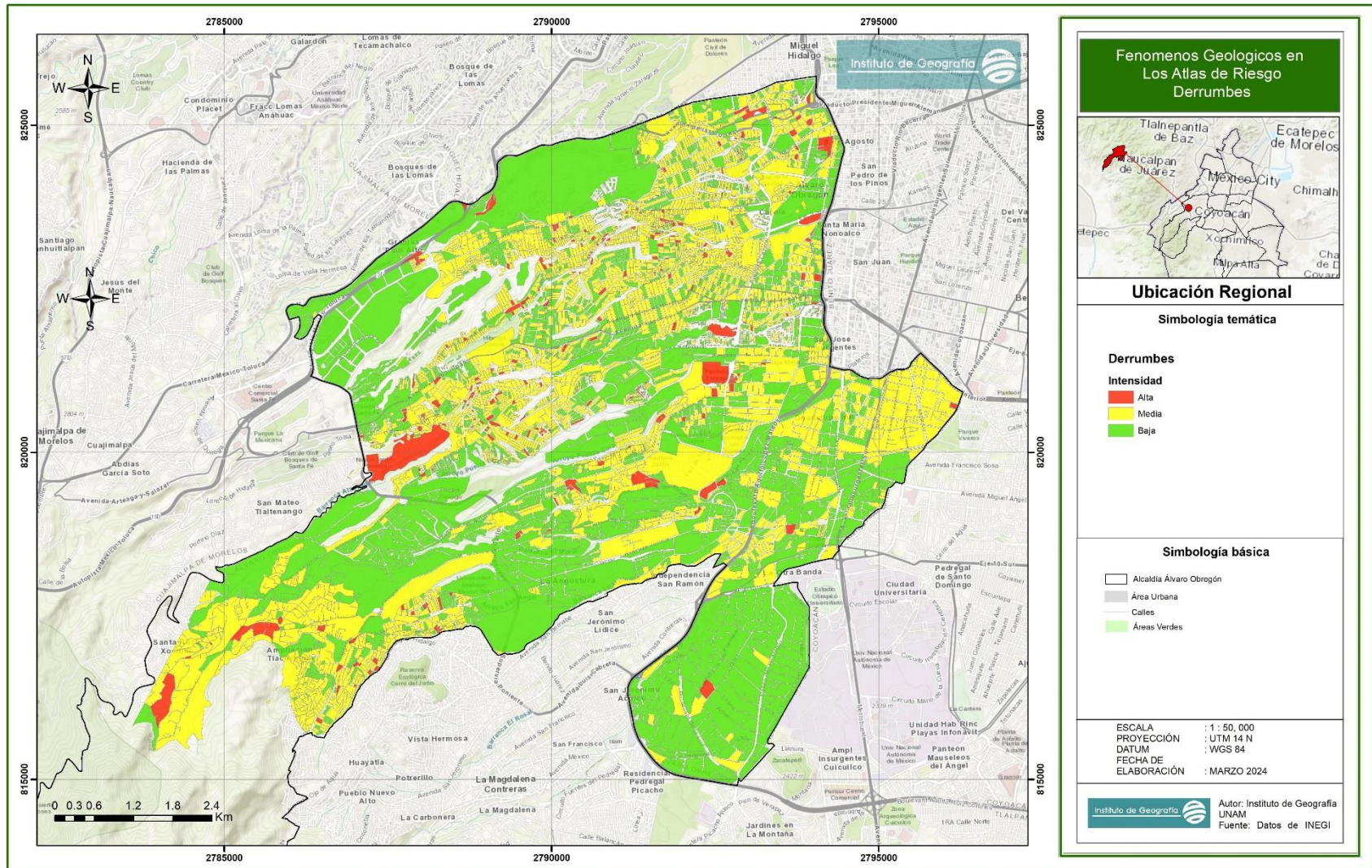
Riesgo por Inestabilidad de laderas



Riesgo por Flujos



Riesgo por Derrumbes



Riesgo por Hundimientos

