

Gestión integral del riesgo y cartografía para la reestructuración urbana ante movimientos de remoción en masa, Álvaro Obregón, Ciudad de México, México

Integrated risk management and mapping for urban restructuring in the event of landslides, Álvaro Obregón, Mexico City, Mexico

Oscar Daniel Rivera González¹
Mary Frances Teresa Rodríguez Van Gort²

Recibido 21 de octubre de 2024; aceptado 10 de diciembre de 2024

RESUMEN

Gestionar adecuadamente zonas ante posibles deslizamientos de ladera es de suma importancia en diversos países de América Latina, es trascendental puntualizar que la coordinación entre científicos, políticos y población en general es sumamente significativa, debido a que la concertación entre las tres entidades antes mencionadas tendrá que ser permanente con el objetivo de reestructurar zonas urbanas con ciertos niveles de riesgo. La metodología utilizada en el presente estudio se enfocó en cartografiar las principales zonas urbanas por medio de técnicas geoinformáticas empleando la geomática por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), por lo anterior, se realizó el análisis de imágenes ráster, vectoriales, puntos Lidar y fotogrametría a partir de drones, ratificando o rectificando los datos en campo, aunado al apoyo de noticias periodísticas de los principales medios de comunicación existentes en la Ciudad de México (CDMX). El resultado final de dichas metodologías

¹ Colegio de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, correo electrónico: oscarriverag@filos.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7698-7433>

² Colegio de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, correo electrónico: francesrv@filos.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3996-2282>

geoinformáticas aplicadas a zonas urbanas ante posibles deslizamientos de ladera forjaron un mapeo preciso sobre las cuales se deberá instituir posibles reestructuraciones urbanas en áreas de riesgo alto y muy alto; siempre con elementos de concertación y reflexivos dirigidos a los habitantes por medio del diálogo permanente con especialistas en temas de conducta como lo son psicólogos, sociólogos y trabajadores sociales, para reestablecer urbanísticamente a dicha población en zonas con características geomorfológicas de bajo o nulo riesgo urbano.

Palabras clave: reestructuración, cartografía, urbanismo, gestión, riesgo.

ABSTRACT

Adequate management of areas facing possible landslides is of utmost importance in several Latin American countries. It is important to point out that coordination between scientists, politicians and the population in general is extremely significant, since the coordination between the three aforementioned entities will have to be permanent in order to restructure urban areas with certain levels of risk. The methodology used in this study focused on mapping the main urban areas by means of geoinformatics techniques using geomatics through Geographic Information Systems (GIS), therefore, the analysis of raster images, vectorial, Lidar points and photogrammetry from drones was performed, ratifying or rectifying the data in the field, together with the support of journalistic news of the main existing media in Mexico City (CDMX). The final result of these geoinformatic methodologies applied to urban areas in the face of possible landslides forged precise mapping on which possible urban restructuring should be instituted in areas of high and very high risk; always with elements of consultation and reflection directed to the inhabitants through permanent dialogue with specialists in behavioral issues such as psychologists, sociologists and social workers, to urbanistically reestablish the population in areas with geomorphological characteristics of low or no urban risk.

Key words: Restructuring, mapping, urban planning, management, risk.

1. Introducción

La alcaldía Álvaro Obregón se ubica al poniente de la CDMX, en las coordenadas: 19° 14', 19°25' N y 99° 10', 99° 20' W, su extensión territorial es de 96.17 km², situada sobre las laderas del volcán San Miguel perteneciente a la Sierra de las Cruces, la geología de la alcaldía está constituida por grandes derrames de lavas altamente accidentadas, inclinadas y fracturadas (Lugo, Cordero & Zamorano, 1995), combinado con las pendientes proporciona como resultado zonas susceptibles a presentar deslizamientos de tierra (García, Quesada & Zamorano, 2020), precisando que de manera general la CDMX posee de manera natural la forma de una cuenca endorreica.

Este análisis se enfoca en la problemática de la aplicación de reestructuración urbana en zonas vulnerables a deslizamientos de tierra identificando cartográficamente áreas altamente marginadas al norte de dicha alcaldía para minimizar el riesgo urbano (Delgadillo, 2020); precisando que una de las problemáticas actuales en México y en América Latina es el acelerado crecimiento de las ciudades no regulado por parte de las autoridades federales, estatales o a nivel municipio.

En 1824 se observaron los primeros asentamientos en Álvaro Obregón y en 1932 en la parte norte de la misma, la cual, es la zona de estudio (Suárez & Delgado, 2007). La mayoría de las ocasiones con edificaciones establecidas de manera irregular y con el paso del tiempo creciendo el riesgo de deslizamiento de tierras en temporada de lluvias o en momentos sísmicos. Se debe destacar primeramente la comprensión de la utilización de definiciones como lo es amenaza, riesgo y vulnerabilidad, los cuales no son sinónimos.

La amenaza es el factor natural como lo son: sismos, lluvias extremas, deslizamientos de ladera, erupciones volcánicas, fenómenos hidrometeorológicos, entre otros y que, con la suma de la vulnerabilidad, la cual, puede disminuirse con base en metodologías cartográficas y urbanas precisas teóricas y empíricas, deriva finalmente el origen del riesgo, afectando directamente a la población (Díaz-Caravantes, 2018), amenaza más vulnerabilidad es igual a riesgo. Lo anterior para una mejor comprensión se expone con la siguiente fórmula: $\text{Amenaza} + \text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo}$, con el objetivo principal de incentivar la gestión de riesgos urbanos y periurbanos (Acosta & Quesada, 2024) e incluso predecir posibles riesgos a el futuro con la primicia de integrar información con base en planificación urbana y gestión sostenible (Tekin, Román & Çan, 2024).

La importancia de la precipitación en los deslizamientos de tierra acontece a nivel mundial, generando distintas afectaciones con base en el grado de recuperación de la población, no obstante, al ser una problemática global debe ser atendida independientemente del nivel socioeconómico o educativo.

La cantidad de lluvia previa es un factor muy importante para calcular el flujo potencial de escombros. La precipitación diaria del 5 al 10 de julio de 2013 en el barranco de flujo de escombros del puente Lianshan se recolectó a través de la estación meteorológica Taoguan Village (E103 ° 29'13 ", N31 ° 15'05 ", H: 1113m) ubicada 100m aguas arriba de la barranca y la estación meteorológica de la aldea Dongjielaonao (E103 ° 29'13 ", N31 ° 15'05 ", H: 955m) ubicada a 50m aguas abajo de la quebrada (Gui-Sheng *et al.*, 2016, p.7).

La urbanización en zonas no aptas para la construcción se debe en mayor medida al indebido crecimiento poblacional desmedido y no regulado que acontece en múltiples partes de la CDMX y en específico en Álvaro Obregón (Mollá-Ruiz, 2006); las autoridades a nivel Alcaldía, Estado o Federación, debieron gestionar, precisar y situar zonas con características habitables seguras para ser urbanizadas, mismas que incentivan afectaciones económicas, ambientales y sociales, convirtiéndose en ocasiones en decesos de habitantes (Figura 1).



Figura 1. Noticia periodística donde acontecieron deslizamientos de tierra y afectaciones urbanas.

Fuente: *Eje Central* (2019) y *El Gráfico* (2019).

Existen colonias en Álvaro Obregón con graves afectaciones según el riesgo ante movimientos de remoción en masa según su área total calculada en m² y el porcentaje de crecimiento urbano (Tabla 1), información obtenida por medio de SIG con base en cálculos de geometría básica.

Tabla 1. Porcentajes de vulnerabilidad en colonias de la alcaldía Álvaro Obregón ante movimientos de remoción en masa

<i>Colonia</i>	<i>Área total en m²</i>	<i>Vulnerabilidad Muy Alta según el urbanismo existente</i>
Ampliación Corpus Cristi	2,034.76	100%
La Mexicana 2da Sección	18,184.82	80%
El Pirú	63,008.85	40%
La Cañada 1ra Sección	26,330.42	40%
Tempranillo	12,971.52	35%
Mixcoac	221,788.16	35%
Ampliación La Cebada	46,304.27	25%
La Loma	52,6236.48	20%
La Mexicana	118,241.6	20%
Ampliación Presidentes	175,702.39	15%
Olivar del Conde 3ra Sección	168,787.41	15%
Galeana	90,431.11	10%
Estado de Hidalgo	69,420.56	10%
Ave Real	68,394.25	10%
Lomas de Tarango	126,426.83	8%
Jalalpa Tepito	299,499.02	5%
La Cañada	27,001.41	5%
Lomas de Capúla	248,758.11	5%
Jalalpa Tepito 2da Ampliación	170,298.26	5%
Reacomodo Jalalpa el Grande	319,722.54	5%
Ampliación Tepeaca	92,172.95	5%

<i>Colonia</i>	<i>Área total en m²</i>	<i>Vulnerabilidad Muy Alta según el urbanismo existente</i>
Álvaro Obregón Desarrollo Urbano	110,828.54	4%
Desarrollo Urbano El Pirú	72,422.2	4%
La Presa Sección Hornos	67,807.00	3%
Presidentes	235,688.53	3%
Colinas del Sur	742,546.32	2%

Fuente: elaboración propia.

Las colonias antes mencionadas en temporada de lluvias entre los meses de mayo a noviembre se ven gravemente perjudicadas, ya que se activan ríos desecados (Martínez-Yáñez *et al.*, 2009), forjando reblandecimiento de las paredes de dichos causes ocasionando deslizamientos de tierra, colapso de techo de minas, inundaciones y socavones.

El presente artículo investigó la ausencia de planeación para la gestión del riesgo urbano, con la finalidad de reestructurarlo y atenderlo eficientemente, así mismo se creó cartografía y prospección para ser utilizados a futuro por parte de la alcaldía, lo cual, permitirá proteger a los habitantes que viven en pobreza urbana (Martínez-García, 2011), así como a la infraestructura urbana de sus hogares, incluso identificando una terminología novedosa a nivel internacional la cual se le denominó urbanismo del riesgo.

2. Metodología

El trabajo metodológico de investigación consistió en la reunión, análisis, recopilación, búsqueda bibliográfica, hemerográfica, periodística y cartográfica del área de estudio, trabajo de campo cualitativo según entrevistas y creación de nueva cartografía por medio de encuestas y selección de puntos de control con Sistema de Posicionamiento Global (GPS), complementando lo anterior con trabajo cuantitativo realizado con análisis de imágenes satelitales, fotointerpretación, fotogeografía, teledetección, puntos Lidar y fotogrametría a partir de drones.

Así mismo se realizaron entrevistas con autoridades a nivel Alcaldía, Estado y Federación, encargadas de la planeación urbana en la Alcaldía Álvaro Obregón en cuanto a permisos de construcción y edificación con el objetivo de analizar la seguridad en las construcciones e identificar parámetros de riesgo por autoconstrucciones no reguladas ante posibles deslizamientos de tierra (Pérez, Aguirre & Ramírez, 2018), atención, corrección o reparación del daño en caso de deslizamientos de tierra.

Se calculó el riesgo urbano a través de mapas geomorfológicos donde existen asentamientos humanos en zonas de riesgo ante deslizamientos de tierra, utilizando técnicas ejecutadas en SIG con la finalidad de ser replicado en otras regiones (Quesada & Zamorano, 2019).

Se generó cartografía para una posible reestructuración urbana con base en visitas a campo, modelos matemáticos simples, escenarios de predicción (Quesada & Barrantes, 2017) geometría y álgebra de mapas estudiados con SIG de la zona de estudio (Buzai, 2021), los cuales proporcionaron como resultado prospección del riesgo geomorfológico (Ramos-Reyes *et al.*, 2016). Por otro lado, se ejecutó búsqueda de información y noticias periodísticas de manera electrónica, para identificar y cartografiar zonas de mayor riesgo geomorfológico que presentaron deslizamientos de tierra.

Por otra parte se estableció geoprocesamiento de imágenes ráster para modelaciones 3D del terreno, análisis de información geográfica vectorial y puntos Lidar fotogramétricos de las principales instituciones proveedoras de información geográfica-urbana en México, como lo son: La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT), Servicio Geológico Mexicano (SGM) y Protección Civil de la Alcaldía Álvaro Obregón, realizando el procesamiento de información en SIG.

Por último, se retomó una nueva terminología publicada a nivel mundial llamada urbanismo del riesgo (Rivera-González & Rodríguez-Van Gort, 2023a), con el objetivo de no confundir el riesgo urbano con el urbanismo del riesgo, este último debe ser comprendido con el camino que deberá ser examinado con múltiples elementos teóricos, empíricos, cualitativos y cuantitativos, referidos a la cartografía urbana con la finalidad de no llegar finalmente al riesgo urbano (Caballero-Zeitún, 2013), el cual es el que ocurre actualmente en diversas ciudades de México, América Latina y del mundo.

2.1 SIG orientados a los deslizamientos de tierra aplicados a la cartografía y análisis urbano

La geomorfología de la CDMX (Figura 2 y Figura 3) es la que determina en gran porcentaje la vida plena o estable según la seguridad en donde se encuentre la vivienda de los habitantes; la forma tan accidentada con base en las características geomorfológicas establece que grandes áreas no sean aptas para la construcción, sin embargo, se han edificado.

La implementación de drenado para desaguar el agua de lluvia en la CDMX es importante y a la vez preocupante, la construcción de dicho drenaje pluvial ha aportado bastantes herramientas para fomentar una ciudad menos caótica en cuanto a inundaciones y por ende a deslizamientos de tierra debido al reblandecimiento por el volumen de acumulación de agua (León-González *et al.*, 2024), sin embargo, en ocasiones es tanta la magnitud de precipitación que no da abasto el sistema de drenaje de la CDMX, más aún en lluvias extraordinarias, recordando que la CDMX es aún una cuenca endorreica.

Es significativo no culpar del todo al urbanismo como causante de las diversas afectaciones derivadas de deslizamientos de tierra, inundaciones,

colapsos de techos de mina, movimientos sísmicos y socavones, los cuales son cada vez más recurrentes en la CDMX ya que al haberse realizado un urbanismo adecuado con base en planificaciones apropiadas la vulnerabilidad pudo disminuirse (Orellana, Vicuña & Moris, 2017), por lo anterior dicho urbanismo debió ser regulado y proyectado con antelación por parte de las autoridades gubernamentales.

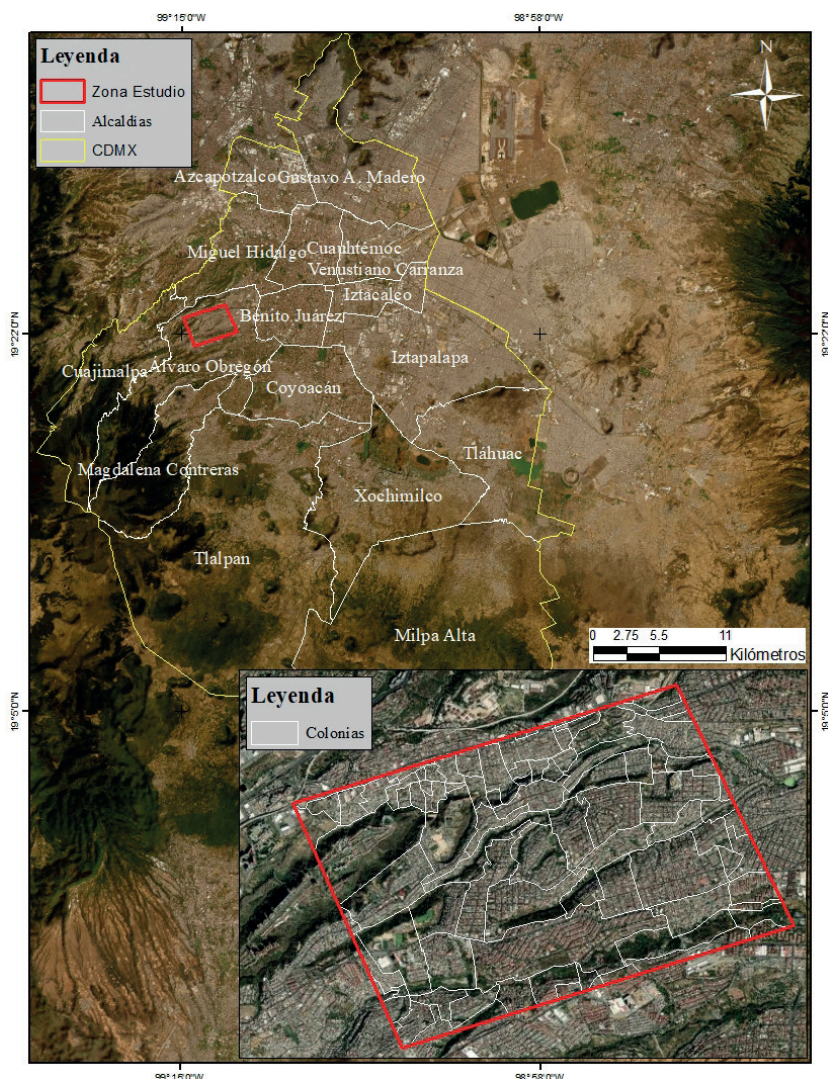


Figura 2. Zona de estudio, CDMX.

Fuente: elaboración propia con base en datos ráster del INEGI. Software ArcGIS.

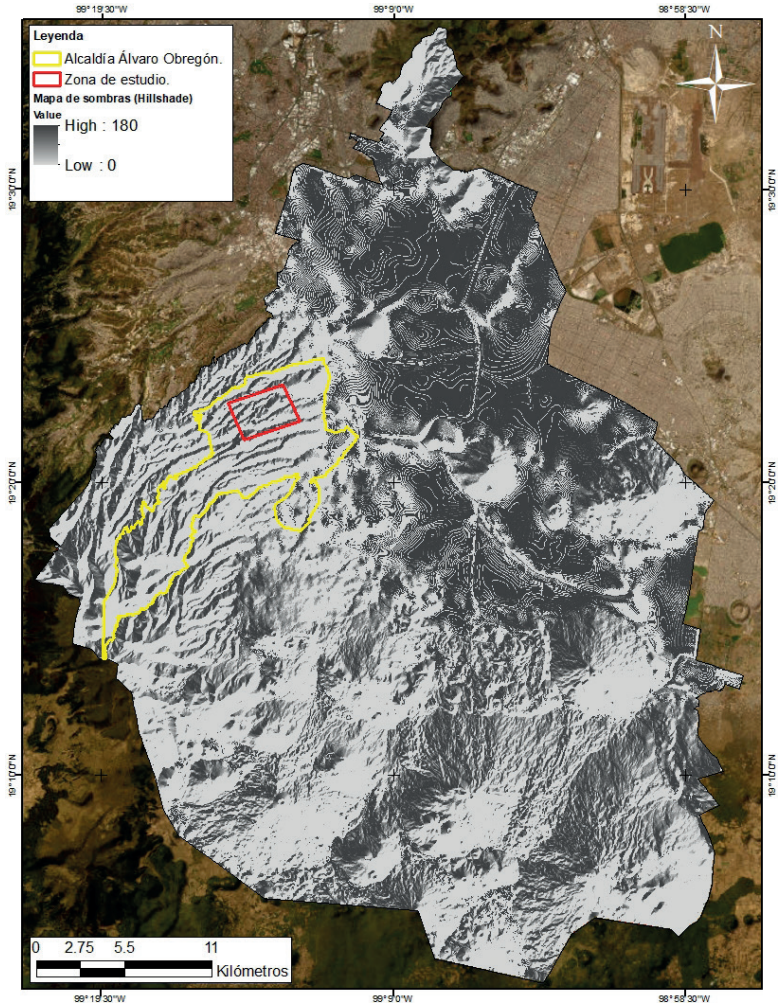


Figura 3. Cartografía Geomorfológica CDMX.

Fuente: elaboración propia con base en datos ráster del INEGI. Software ArcGIS.

Situándonos en la zona de estudio (Figura 4) y al observarse sin ningún grado de urbanización, constatamos que según la luminosidad de la superficie es complejo urbanizar de manera segura dicha área, sin embargo a lo largo de los años ha existido construcción y autoconstrucción irregular (Hernández-Flores, 2017); fundando riesgo geomorfológico y con ello riesgo urbano bastante alto, inclusive cuantificando pérdidas de vidas humanas debido a deslizamientos de tierra; recordando que independientemente del terreno y geomorfología, agrava la problemática la desecación del suelo, sobreexplotación de mantos freáticos, minas, así como la reactivación de ríos desecados en temporada de lluvias.

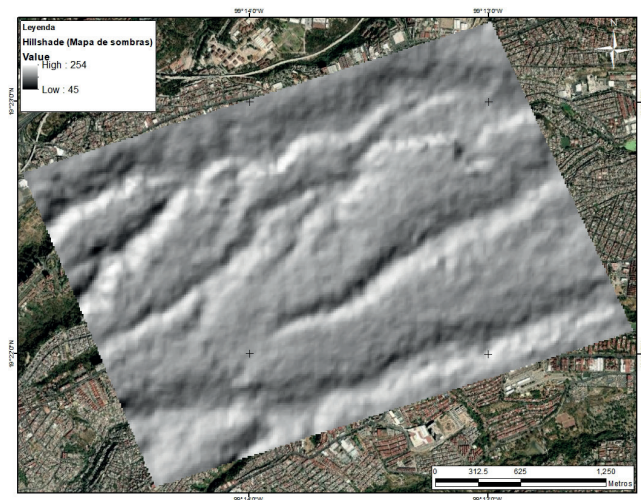


Figura 4. Cartografía Geomorfológica zona de estudio.

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de Modelos de Elevación (MDE) archivos tipo ráster Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), resolución 12 metros. Software QGIS.

Para una mejor comprensión al lector se muestran las elevaciones de la zona de estudio con base en la triangulación de alturas (Figura 5), observándose lo abrupto y accidentado que se encuentra la zona de análisis, encontrándose en la actualidad completamente urbanizada formando un alto grado de riesgo.

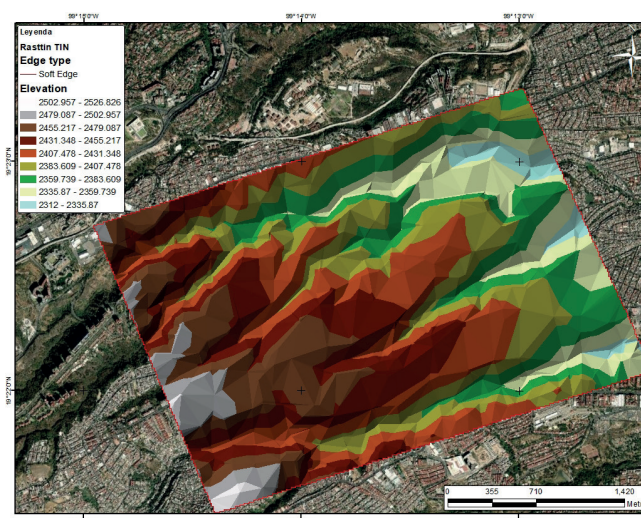


Figura 5. Cartografía Geomorfológica CDMX por redes irregulares de triángulos (TIN). Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de MDE archivos tipo ráster NASA. Software ArcGIS.

Por otra parte, se muestran las diversas pendientes de la zona de estudio (Figura 6), observándose bastante abruptas cerca de los 47° exponiendo un grado de riesgo geomorfológico sumamente alto, por otra parte, existen construcciones aun no consolidadas, en las cuales, con base en noticias periodísticas y trabajo empírico han acontecido deslizamientos de tierra, creando colapso de inmuebles.

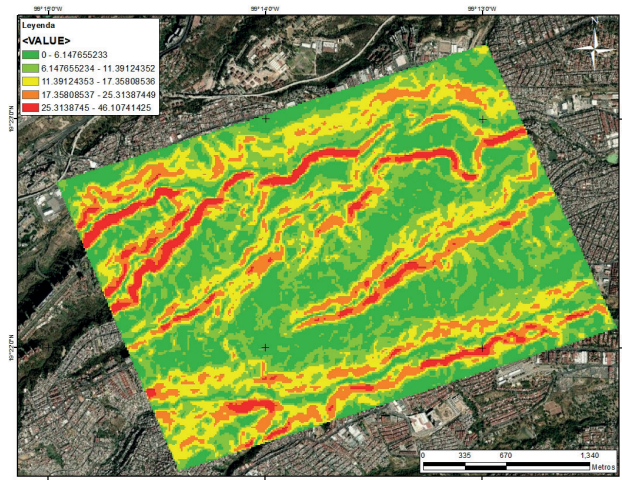


Figura 6. Cartografía de Pendiente zona de estudio.

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de MDE archivos tipo ráster NASA. Software ArcGIS.

Así mismo, con base en el trabajo empírico y de gabinete se obtuvieron perfiles gráficos (Figura 7 y Figura 8) mostrando pendientes de sur a norte, evidenciándose la irregularidad del terreno.

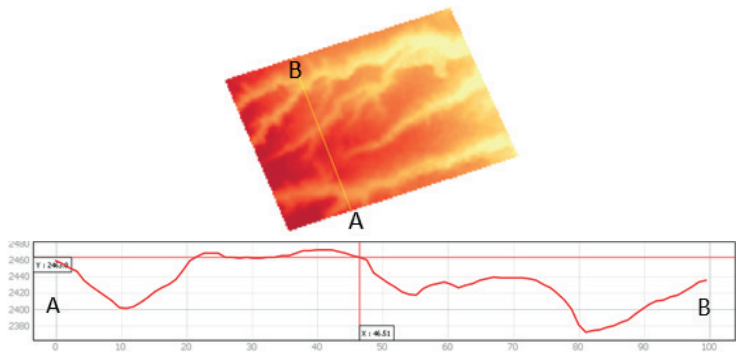


Figura 7. Perfil zona de estudio, eje X medido en metros y eje Y medido en metros sobre el nivel del mar.

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de MDE archivos tipo ráster NASA. Software QGIS.

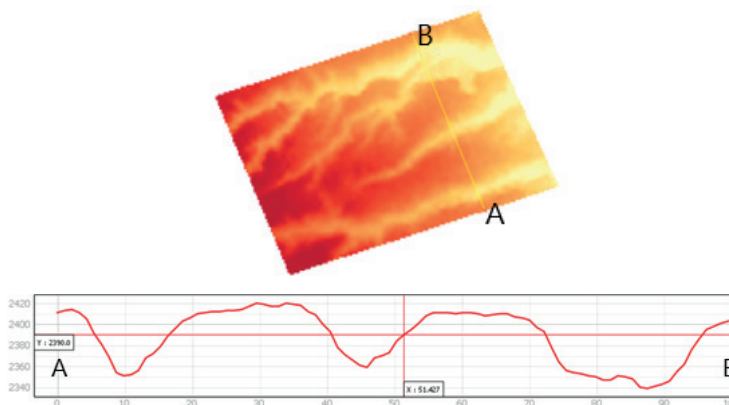


Figura 8. Perfil zona de estudio, eje X medido en metros y eje Y medido en metros sobre el nivel del mar.

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de MDE archivos tipo ráster NASA. Software QGIS.

Según los perfiles anteriores con base en su análisis se observa la amplia diferencia de alturas y lo abruptas que son, incluso cuando se comparan a detalle con la Figura 4 se expone que, en los segmentos trazados de A a B, existen construcciones arquitectónicas profesionales y autoconstrucciones irregulares que con el paso del tiempo se convirtieron en colonias, las cuales en la actualidad son altamente vulnerables a procesos de remoción en masa. Evidenciando que la zona de estudio y otros sitios de la CDMX cuentan igualmente con características inseguras en ciertas partes de su terreno debido a la escabrosidad de este.

Con base en la geología de la CDMX, de alcaldía Álvaro Obregón y de la zona de estudio (Figura 9), muestran el SGM en su plataforma (Servicio Geológico Mexicano, 2024) datos litológicos de existencia aluvial siendo compuestos por arcilla por lo que tienden a ser mayormente blandos o en ocasiones sueltos (Suárez, 1998) y lahar los cuales se compone de una mezcla de materiales volcánicos finos mayormente de ceniza y agua que pueden trasladar grandes volúmenes de fragmentos de material más grueso (Universidad de Costa Rica, 2015), por lo anterior y combinado con la edafología del lugar, minas existentes, socavones, cambio de cobertura vegetal y cimentación debido al proceso urbano, agrava la problemática ante posibles deslizamientos de tierra.

La hidrografía de la zona de estudio (Figura 10) ejemplifica el riesgo geomorfológico inminente que vive la población marginada de la zona norte de la alcaldía Álvaro Obregón, al reactivarse ríos desecados en episodios de lluvias extraordinarias, que ocasiona reblandecimientos de tierra.

La degradación del suelo en la zona de estudio (Figura 11) con base en trabajo empírico y de gabinete, crece en mayor medida debido a la impermeabilización del suelo, según información de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2024) son pocas las Áreas Naturales

Protegidas (ANP) que existen en zonas de barrancas, ejemplificando lo anterior con las barranca Mixcoac y Becerra, concurriendo aquí un punto clave en cuanto al procesos de compactación, erosión, remoción de la capa edáfica, que se generan en ocasiones por actividades agrícolas o industriales (Schuster-Olbrich, Vich & Miralles-Guasch, 2024), ya que dichas áreas no deberían estar cartografiadas por ninguna dependencia gubernamental como zonas urbanizadas, por el contrario, precisarlas como ANP.

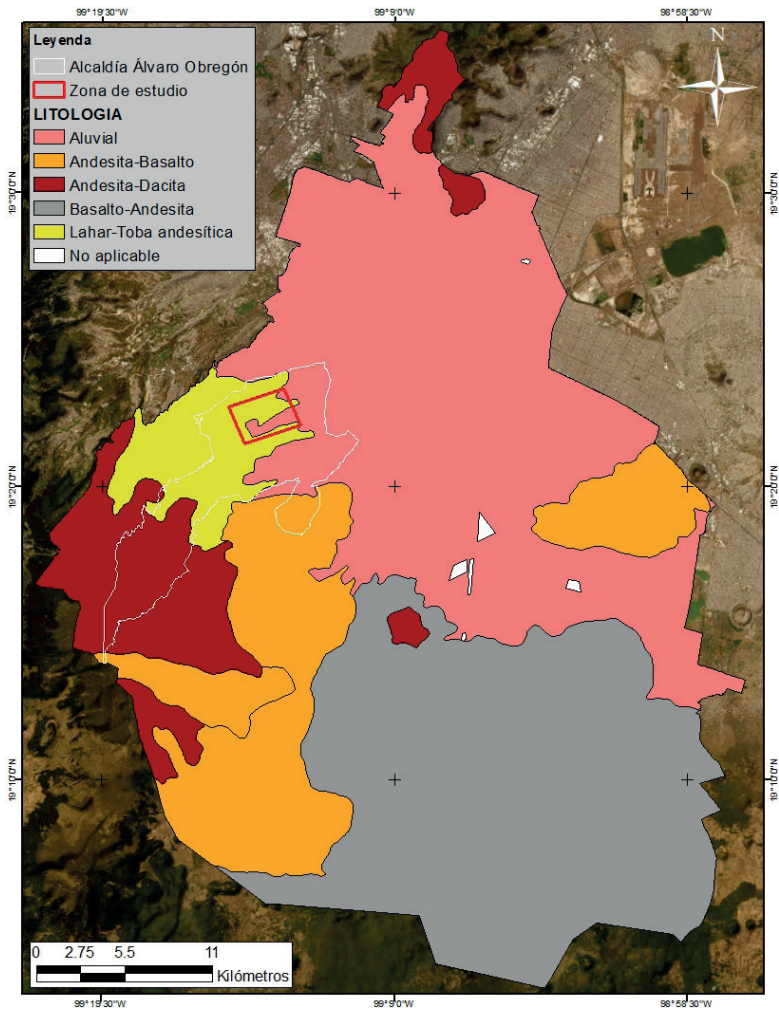


Figura 9. Cartografía Geológica CDMX.
Fuente: elaboración propia con base en datos vectoriales obtenidos del SGM.
Software ArcGIS.

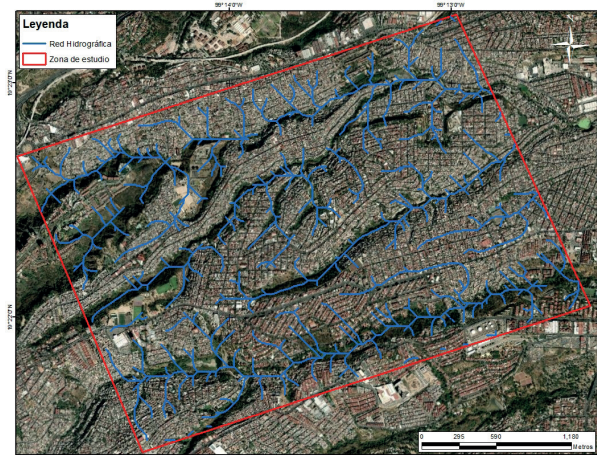


Figura 10. Red hidrográfica zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en datos vectoriales obtenidos de MDE de la NASA. Software ArcGIS.

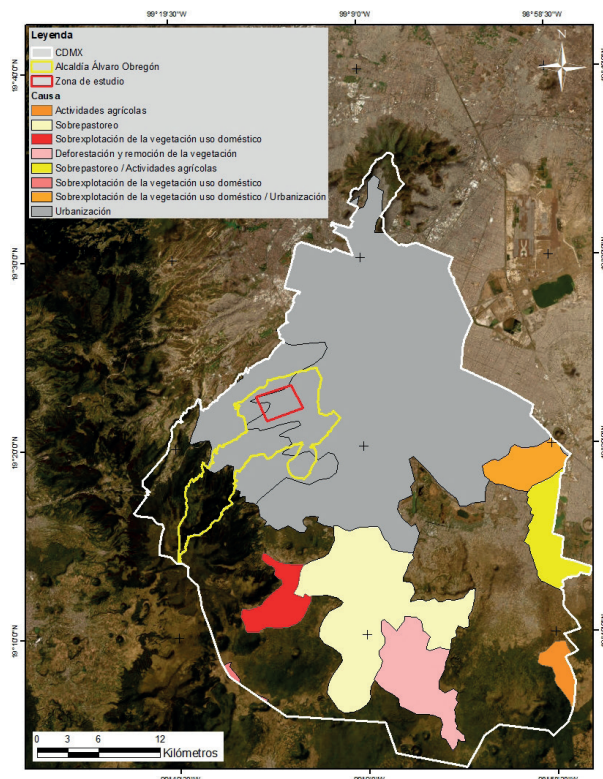


Figura 11. Cartografía Degradación del suelo CDMX, datos CONABIO.

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de CONABIO, archivos tipo vectoriales. Software ArcGIS.

Las zonas dentro del área de estudio que inevitablemente presentarán un riesgo urbano-geomorfológico ante deslizamientos de tierra deben ser atendidas con urgencia (Figura 12), la obtención de dicha cartografía se realizó con trabajo empírico y de fotointerpretación según datos del CENAPRED, con base en el resultado de dicho análisis, la autoridad tendrá que realizar trabajos de reestructuración urbana robustos que integren diversos elementos del espacio geográfico (Ayala & Sánchez, 2006), enfocándose en construcciones semi-consolidadas.

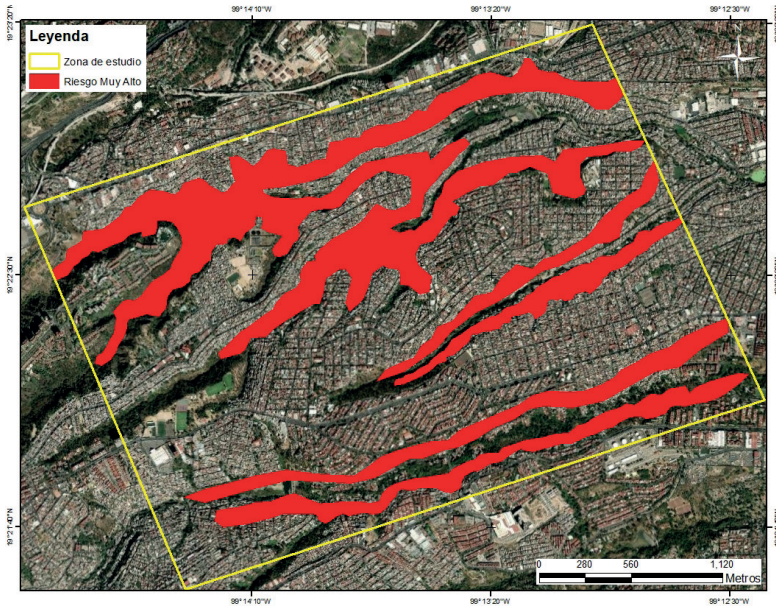


Figura 12. Cartografía de riesgo urbano asociado a deslizamientos de tierra, zona de estudio.

Fuente: elaboración propia con base en datos vectoriales obtenidos del CENAPRED. Software QGIS.

Es importante precisar que la metodología anterior podrá ser complementada con la consulta de diversos artículos de investigación científica existentes en la actualidad como lo es la incorporación de puntos Lidar (Rivera-González & Rodríguez-Van Gort, 2023b) o con fotogrametría a partir de drones (Rivera-González, 2020), con el objetivo de minimizar el rango de error en la latitud, longitud o altitud (Figura 13 y Figura 14) y ser más certeros en posibles configuraciones urbanas utilizando la cartografía como herramienta fundamental.

Con base en la totalidad de la cartografía anterior y su análisis final, de manera general se puede mencionar que las áreas donde habitantes se encuentran habitando con grado de riesgo muy alto, deberán ser reubicados por medio de

concientización y explicación a detalle por parte de las autoridades de la CDMX o de la Alcaldía (Rodríguez-García, Cuevas-Muñiz & Arellano-Ceballos, 2016), los cuales, deberán ser expertos en el tema conductual, con la primicia de fundar reflexión sobre las principales problemáticas ocurridas debido a deslizamientos de tierra.

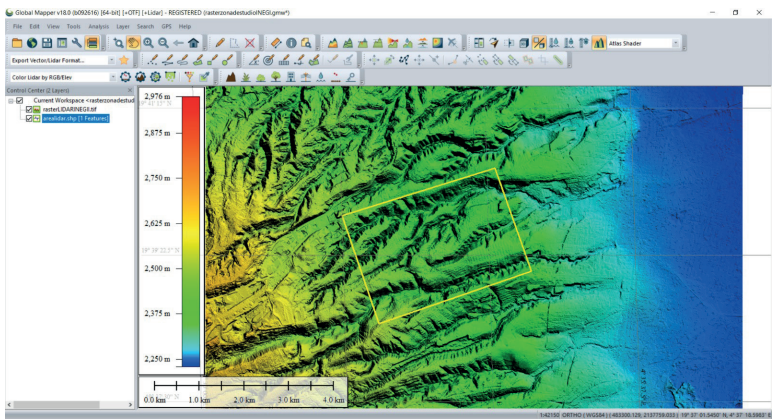


Figura 13. Visualización de puntos Lidar, resolución cinco metros.
Fuente: Rivera-González & Rodríguez-Van Gort (2023b).

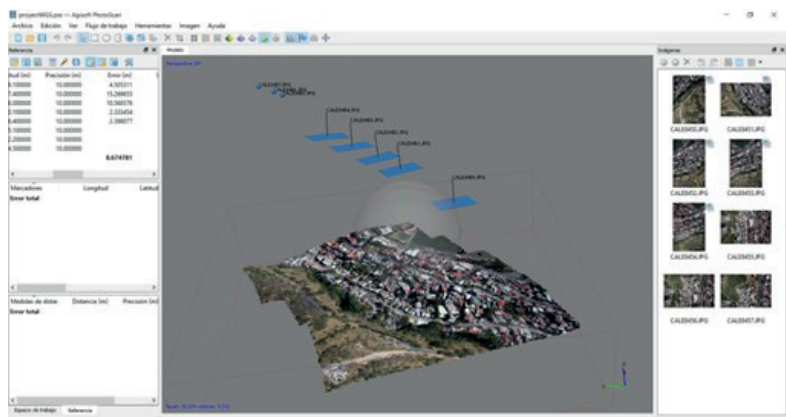


Figura 14. Visualización de fotogrametría a partir de drones, resolución de uno a tres metros.
Fuente: Rivera-González (2020).

3. Resultados

La política pública dirigida a la gestión y reestructuración urbana a partir de métodos cartográficos de alta precisión debe ser adecuadamente coordinada entre académicos, políticos y población en general. En años recientes la

implementación de mecanismos dirigidos a la gestión social del riesgo no ha funcionado del todo debido a la escasa coordinación por parte de las autoridades con la población al presentarse deslizamientos y afectaciones posteriores en su vivienda (Thomas-Bohórquez, 2011). Planes, gacetas, leyes, estatutos, normas, cartografías, entre otros, podrían resolver en gran porcentaje las problemáticas urbanas enfocadas en los deslizamientos de tierra.

La zona de estudio muestra una pequeña porción de la realidad que acontece en Álvaro Obregón, es tan inmensa la problemática de riesgo a presentar deslizamientos de tierra que ha permeado en casi la totalidad de áreas con grado de marginación alto, algo complicado de mitigar, sin embargo, no imposible de trabajar y solucionar.

La información más actualizada emitida por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) es de gran aporte, ya que la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT) 2020-2040 detalla en el *Diario Oficial de la Federación* con fecha abril del 2021 (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021) que la planeación y ordenamiento territorial será primordial para la recuperación de espacios y seguridad en zonas no aptas para la vivienda. El crecimiento urbano horizontal ha generado numerosas problemáticas, combinado lo anterior con la sobreexplotación irracional de recursos naturales, así como el aumento de problemáticas urbanas en sus múltiples vertientes; por ello, la aplicación de mecanismos de reestructuración en ciertas partes del país y en específico en la CDMX deberá ejecutarse desde una cartografía urbana novedosa y política pública racional con miras a la adecuada gestión territorial entre los tres niveles de gobierno.

La práctica y exposición de cada uno de los incisos de la ENOT es demasiado compleja para su implementación, es importante precisar que dicha estrategia debe forjar resultados a corto y mediano plazo, ya que bastantes zonas de la República Mexicana necesitan con urgencia soluciones cartográficas certeras; será de gran aporte el trabajo multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario, ejecutado por especialistas en temas cartográficos, geográficos y urbanos, el límite y respeto que deberá existir para trabajar adecuadamente entre académicos, políticos y población en general, debe ser puntual mas no aislante.

La reproducción de conocimiento para crear ordenamiento territorial o reestructuración cartográfica-urbana adecuada debe ser trabajado por profesionistas e investigadores que conozcan a detalle las problemáticas acontecidas en la zona a evaluar (Principi, 2022), es importante instituir mecanismos de gestión entre ciencias y disciplinas para que cada una de ellas contribuya conocimiento en beneficio al urbanismo.

Posteriormente, se deberán coordinar los diferentes niveles gubernamentales encargados del ordenamiento territorial, para que no existan exclusiones en cuanto a permisos de construcción y que, por el contrario, se fomente un clima cordial de trabajo independientemente de los ideales políticos que puedan existir en el momento de la aplicación de cartografía en la estrategia nacional.

La aplicación de medidas preventivas o correctivas deberán ser explicadas a detalle con concertación a la población renuente a instituir reestructuración

urbana, en todo momento se deberá considerar su modo de vida e ideologías para evitar confrontaciones verbales o físicas. No se deberá ejercer presión o coacción de medidas que requieran implantarse con urgencia, por el contrario, la concienciación, concientización y sensibilización, aplicadas a la población por medio de trabajadores sociales, sociólogos y psicólogos, expertos en temas de la conducta, forjará reflexión sobre las posibles afectaciones derivadas de problemáticas de riesgo urbano.

Lo anterior podrá emplearse para realizar sin contratiempos algún plan de reestructuración urbana con mecanismos cartográficos en zonas con alto porcentaje a presentar deslizamientos de tierra, en ningún momento se debe ejercer violencia o fuerza contra la voluntad de los ciudadanos; recordando que son personas con múltiples necesidades, sin embargo, ninguna necesidad estará por encima de su integridad y la de su familia. En la actualidad el funcionamiento de la construcción de escaleras eléctricas sobre áreas marginadas vulnerables a deslizamientos de tierra a disgusto a la mayoría de los pobladores y vecinos de la zona (El Universal, 2021).

El ultimo aporte de generación cartográfica en beneficio y situado de zonas de riesgo a presentar deslizamientos de tierra, es elaborado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y autoridades de la Alcaldía Álvaro Obregón, titulado Atlas de Peligros y Riesgos de la Alcaldía Álvaro Obregón 2020 (Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad, 2024), el cual, aporta cartografías digitales; mismo que puede ser consultado por cualquier persona, estudiante, académico o investigador, estos últimos para utilizarlo como parteaguas en desarrollos cartográficos – urbanos posteriores (Figura 15).

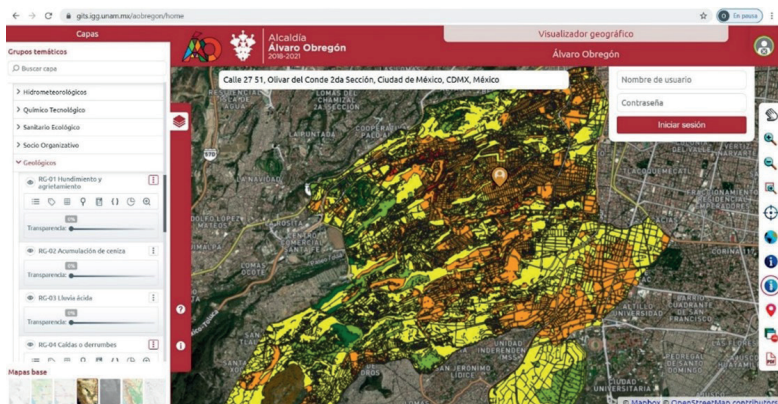


Figura 15. Atlas de Peligros y Riesgos de la Alcaldía Álvaro Obregón, 2020

Fuente: Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (2024).

Realizando el análisis con detenimiento de la cartografía anterior, se encontraron datos de bastante aporte, así mismo, detalles en los que se deberá trabajar, con el objetivo de aportar conocimiento y crear una herramienta

cartográfica-informática que sirva para forjar conocimiento novedoso en el tema de problemáticas de índole urbana (Yunga-Márquez *et al.*, 2017). Sería de bastante apoyo la muestra y explicación de movimientos de remoción en masa y afectaciones anteriores georreferenciados con fotografías y cartografía precisa, con la finalidad de alertar sobre posibles deslizamientos de tierra en zonas aledañas.

La creación de datos vectoriales y ráster que detallen cartográficamente las zonas donde no debieron existir construcciones o autoconstrucciones, convendrá realizarlo con la finalidad de evitar la edificación de mayor número de niveles. Así mismo se tendrá que fomentar el situado de ANP mismas que deberán cuidarse con base en enrejados u otros métodos de limitación para impedir la posible construcción de viviendas. Por otra parte, se deberán incorporar capas vectoriales de hogares específicos, con el objetivo de interpolar ejecutando álgebra de mapas y contrastar la información de zonas en riesgo a presentar deslizamientos de tierra.

Al ser un gran número de información cartográfica la que revela el Atlas de Peligros y Riesgos de la Alcaldía Álvaro Obregón 2020, tendrá que adecuarse para su visualización en diferentes dispositivos digitales como lo pueden ser celulares, tabletas, ipads, entre otros, ya que en la actualidad se necesita de un computador robusto para observar la información cartográfica.

La capa de Max Box Satélite conocidos comúnmente como mapas base son de bajo nivel de detalle, al realizar acercamientos a ciertas zonas de estudio no muestra adecuadamente el área debido a su resolución. La descarga de información gratuita de dicho atlas sería de mucha utilidad, precisando que actualmente el mapa en cuestión no posee información descargable para su trabajo cartográfico.

Un ejemplo de geoportales electrónicos de diverso aporte de información de calidad descargable son de la CONABIO, CENAPRED, INEGI, SGM, Servicio Meteorológico Nacional, Protección Civil de la CDMX, entre otros, mismos que podrán ser un modelo para replicar y mejorar su aplicación en situaciones de riesgo urbano. La instauración de imágenes ráster en 3D son de suma relevancia, ejemplificando los utilizados en Google Maps (Campos-Vargas *et al.*, 2011), los cuales podrán apoyar visualización más realista con base en una mejor y mayor proximidad.

Enfocándonos en la capa RG-04 titulada caídas o movimientos de remoción en masa es demasiado general, ya que, al realizar acercamiento en determinada zona, no se observan puntos o zonas georreferencias. La descarga de información de capas de viviendas no existe, solo permite adquirir archivos en formato Excel, por lo cual, es complicado generar la unión para ser visualizada de manera cartográfica en un SIG.

Actualmente la dirección electrónica para la consulta del mapa digital no se encuentra en la página del portal electrónico de la Alcaldía, es un portal externo, lo que dificultaría a la población su búsqueda rápida para su consulta. A lo largo del presente estudio se mostraron tres distintos tipos de metodologías, gratuitas y de costo; aunado a las existentes en diversos artículos de investigación científica, es importante aclarar que actualmente la investigación

es de mucho aporte, sin embargo, solo queda en la descripción e intensión de resolver problemáticas sobre deslizamientos de tierra en México y en específico en la CDMX, lo cual, deberá ser aplicado en la actualidad con apoyo de modelos cartográficos precisos mismos que puedan ser replicados en otros países de América Latina y en otras partes del mundo.

4. Discusión de resultados

La discusión e implementación de los resultados anteriores estriba principalmente en la aplicabilidad de las siguientes menciones, las cuales pueden ser robustecidas o modificadas según el análisis y crítica de expertos en cuestiones de geomorfología, geología, edafología, biología, arquitectura, urbanismo, geofísica, entre otras que fomenten un aporte sustancial a la Gestión integral del riesgo y reestructuración urbana ante posibles deslizamientos de tierra, recordando que mucho del aporte cartográfico identificado en el presente análisis, podrá ser también la solución en otros sitios de América Latina o en otras partes del mundo, precisando que deberá ser cartografía única debido a las diversas variables existentes en ciertas partes del mundo.

1. Realizar nueva cartografía de reestructuración urbana en zonas con características altamente riesgosas a presentar deslizamientos de tierra en la totalidad de la alcaldía Álvaro Obregón.
2. Establecer contacto constante y reflexivo entre académicos, políticos y población, con la finalidad de estar preparados con modelos y medidas preventivas ante deslizamientos de tierra y no solo corrección del daño.
3. Implementar geolocalización de familias establecidas en zonas altamente riesgosas, sin forjar expulsiones forzadas, siempre deberán ser consensuadas a manera de crear reflexión en otros habitantes.
4. Recuperar áreas donde existieron deslizamientos de tierra con el objetivo de nunca más realizar construcciones urbanas por parte de la población, deberán ser aseguradas, modificándolas a espacios lúdicos o de recreación.
5. Modificar leyes, estatutos, artículos, normas y planes que existen en la actualidad, con base en prevención y no solo reparación del daño, ya que en la actualidad solo evidencian las problemáticas más no las elimina de fondo.
6. Auditar en todo momento por medio de organismos internacionales a las autoridades de la Alcaldía y de la CDMX, encargadas de incentivar protección civil ante deslizamientos de tierra.
7. Originar concienciación, concientización y reflexión, a la población por medio de redes sociales, exposiciones, radio, televisión, reuniones vecinales, entre otras, sobre los posibles riesgos de habitar zonas altamente potenciales a deslizamientos de tierra.
8. Establecer multidisciplinariedad y transdisciplinariedad entre cartógrafos, ingenieros civiles, geógrafos, geomorfólogos, antropólogos, sociólogos, psicólogos y trabajadores sociales, a manera de forjar conocimiento dirigido a instituir seguridad en personas instauradas en zonas de barrancas, siempre en beneficio y de manera especial evitando decesos en la población suscitados por deslizamientos de tierra.

5. Conclusiones

Reestructurar urbanísticamente áreas donde posiblemente según el resultado de modelos cartográficos sean propensas a movimientos de remoción en masa permite salvaguardar la vida de habitantes que por múltiples circunstancias habitan zonas de riesgo alto y muy alto, lo anterior se deberá realizar con suma precaución al tener acercamiento directo con las personas con el objetivo de no generar confrontaciones entre pobladores y personal operativo que desee explicar y con ello concientizar a los habitantes que se encuentra en riesgo latente, lo que significa que su integridad y la de su familia puede ser afectada de manera directa, incluso afectaciones psicológicas posdesastre.

El crecimiento urbano en zonas con diversos niveles de riesgo es cada vez más común en diversas ciudades latinoamericanas, incluso en la CDMX al existir pocos lugares para expandirse de manera horizontal con base en construcciones arquitectónicas profesionales o autoconstrucciones no reguladas, lo que acontece actualmente es la nueva existencia de crecimiento urbano vertical, el cual, acrecienta de manera importante el riesgo ya existente en zonas con características no aptas para la habitabilidad, es por ello que en zonas donde ya existen edificaciones no se deberá permitir la construcción de un mayor número de niveles, lo anterior, podría ocasionar el incremento súbito de la vulnerabilidad y con ello, poner la vida de los habitantes en riesgo latente.

La molestia de personas que habitan zonas de ladera es permanente originándose con el paso del tiempo debido a que no son escuchados o tomados en consideración para reubicarlos de manera eficaz en zonas con características mínimas de riesgo, por ello, la coordinación entre el aparato gubernamental Federar, Estatal y Municipal, junto con académicos y pobladores, deberá ser recurrente antes de ejecutar cualquier medida que signifique trasladar una zona debido al riesgo inminente de desastre.

Es muy loable la labor que diversas autoridades a nivel alcaldía que desean proteger a la población reubicándola, sin embargo su aplicabilidad deberá primeramente instaurar elementos de concientización en los habitantes por medio de visitas domiciliarias realizadas por psicólogos, trabajadores sociales, sociólogos y demás expertos en temas de conducta, con la finalidad de hacerlos reflexionar sobre que ningún elemento es más importante que su vida, para con ello y según el estudio profundo sobre las zonas a reubicar se forje protección civil en los habitantes para que sean direccionados a zonas con características seguras para la habitabilidad.

Bibliografía

- Acosta-Quesada, M. & Quesada-Román, R. (2024). Landslides and flood hazard mapping using geomorphological methods in Santa Ana, Costa Rica. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 113, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104882>
- Ayala, J. & Sánchez, Y. (2006). Reestructuración espacial urbana y sus impactos sobre la ciudad de San Cristóbal. *Geoenseñanza*, 11 (1), 79-96.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36012424008>

- Buzai, G. (2021). Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones para el análisis de clasificación espacial y cambios de usos del suelo. *Revista Cartográfica*, (104), 171–173. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i104.1138>
- Caballero-Zeitún, E. L. (2013). Los riesgos urbanos y la justicia urbana en Centroamérica. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15233381002>
- Campos-Vargas, M., Toscana-Aparicio, A., Monroy-Gaytán, J. & Reyes-López, H. (2011). Visualizador Web de información cartográfica de amenazas naturales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63 (1), 71-82. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000100007&lng=es&tlng=es.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2024). *Portal de Geoinformación 2024*. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>, consultada el 18 de septiembre de 2024.
- Delgadillo, V. (2020). Regeneración urbana en la Ciudad de México: polisemia de concepciones y de acciones públicas. *Revista INVI*, 35 (100), 20-37. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582020000300020>
- Díaz-Caravantes, R. (2018). Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad*, 30 (73). <https://doi.org/10.22198/rys.2018.73.a968>
- Eje Central* (2019). Derrumbe de barranca daña primaria en A. Obregón. Recuperado de <https://www.ejecentral.com.mx/alerta-amarilla-3-delegaciones-preven-caida-de-granizo>
- El Gráfico* (2019). Deslave quiebra casas en Álvaro Obregón. Recuperado de <http://www.elgrafico.mx/al-dia/05-09-2015/deslave-quiebra-casas-en-alvaro-obregon>
- El Universal* (2021). Disgusta a vecinos funcionamiento de escaleras eléctricas. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=T968t0RN6ao>
- García-Soriano, D., Quesada-Román, A. & Zamorano-Orozco, J. (2020). Geomorphological hazards susceptibility in high-density urban areas: A case study of Mexico City. *Journal of South American Earth Sciences*, 102, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102667>
- Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad (GITS) (2024). *Visualizador Geográfico*. <https://www.gits.igg.unam.mx/aobregon/home> (consultada el 22 de agosto de 2024).
- Gui-Sheng, H., Ning-Sheng, C., Javed-Iqbal, T., Yong, Y. & Jun, L. (2016). Estudio de caso de las características y el proceso dinámico del 10 de julio de 2013, Flujos de escombros catastróficos en el condado de Wenchuan, China. *Revista de Investigación en Ciencias de la Tierra*, 20 (2), 1-13. <https://dx.doi.org/10.15446/esrj.v20n2.48026>
- Hernández-Flores, J. (2017). Ortega, Liliana (2016), Autoconstrucción de vivienda, espacio y vida familiar en la Ciudad de México, México, Flacso. *Estudios demográficos y urbanos*, 32 (3), 695-700. <https://doi.org/10.24201/edu.v32i3.1718>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2013). Continuo de elevaciones mexicano y modelos digitales de elevación. <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> (consultada el 11 septiembre 2024).

- León-González, B., Ordaz-Hernández, A., Baró-Suárez, J. & Gutiérrez-Cedillo, J. (2024). Análisis de los movimientos de laderas en el municipio de Ecatepec de Morelos. *Acta Universitaria*, 34, 1-18. <https://doi.org/10.15174/au.2024.3997>
- 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. <https://rmcg.unam.mx/index.php/rmcg/article/view/1316>
- Martínez-García, F. (2011). Marginalidad, pobreza y exclusión urbana. Obstáculos para la integración social en el hábitat. *Arquitectura y Urbanismo*, 32 (2), 67-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376839862011>
- Martínez-Yáñez, M., Cabral-Cano, E., Correa-Mora, F., Díaz-Molina, O., Cifuentes-Nava, G., Hernández-Quintero, E. & Delgado-Granados, H. (2009). Estudio de la ladera occidental del Cerro del Chiquihuite, Ciudad de México mediante SIG y GPS. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 10 (2), 99-112. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2009.10n2.010>
- Mollá-Ruiz, M. (2006). El crecimiento de los asentamientos irregulares en áreas protegidas. La delegación Tlalpan. *Investigaciones Geográficas*, (60), 83-109. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56906009>
- Orellana, A., Vicuña, M. & Moris, R. (2017). Planificación urbana y calidad de vida: aproximación al Estado de la planificación local en Chile. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10 (19), 88-109. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu10-19.pucv>
- Pérez, J., Aguirre, J. & Ramírez, L. (2018). Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. *Salud Pública de México*, 60 (Supl.1), 41-51. <https://doi.org/10.21149/9300>
- Principi, N. (2022). Cartografía de riesgo a inundaciones como herramienta de apoyo a la planificación territorial. Aplicación a la ciudad de Luján (Argentina). *Geografía Digital*, 19 (37). <https://doi.org/10.30972/geo.19375202>
- Quesada-Román, A. & Barrantes-Castillo, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones Geográficas*, (94). <https://doi.org/10.14350/rig.57318>
- Quesada-Román, A. & Zamorano-Orozco, J. (2019). Zonificación de procesos de ladera e inundaciones a partir de un análisis morfométrico en la cuenca alta del río General, Costa Rica. *Investigaciones Geográficas*, (99). <https://doi.org/10.14350/rig.59843>
- Ramos-Reyes, R., Zavala-Cruz, J., Gama-Campillo, L., Pech-Pool, D. & Ortiz-Pérez, M. (2016). Indicadores geomorfológicos para evaluar la vulnerabilidad por inundación ante el ascenso del nivel del mar debido al cambio climático en la costa de Tabasco y Campeche, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68 (3), 581-598. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300581&lng=es&tlng=es.
- Rivera-González, O. (2020). Fotogrametría de drones para la prevención de deslizamientos de tierra en la Ciudad de México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4 (2), 85-96. <https://doi.org/10.55467/reder.v4i2.52>
- Rivera-González, O. & Rodríguez-Van Gort, M. (2023a). Urbanismo de riesgo, el principio de los desastres urbanos y su prevención con sistemas geo informáticos, CDMX, México. *Paakat. Revista de Tecnología y Sociedad*, 13 (25). <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a13n25.810>

- Rivera-González, O. & Rodríguez-Van Gort, M. (2023b). Puntos Lidar y SIG para elaboración de un modelo digital ante deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales, Colonia La Cañada, México. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 15 (25). https://87538a9a-4129-4498-961e-1bc765cd62c3.filesusr.com/ugd/79758e_e79463b4a12e47888ddc98dc864663cf.pdf
- Rodríguez-García, H., Cuevas-Muñiz, A. & Arellano-Ceballos, A. (2016). La reubicación humana por desastre en Angangueo, Michoacán. Entre la participación y significación social. *Política y cultura*, (45), 53-77. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50188-77422016000100053&lng=es&tlng=es.
- Schuster-Olbrich, J., Vich, G. & Miralles-Guasch, C. (2024). Expansión urbana más allá del límite urbano: un análisis de Santiago de Chile desde la planificación urbana y sus contradicciones normativas territoriales. *EURE (Santiago)*, 50 (150), 1-22. <https://dx.doi.org/10.7764/eure.50.150.08>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2021). Acuerdo por el que se expide la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial 2020-2024. https://www.dof.gob.mx/2021/SEDATU/SEDATU_090421.pdf (consultada el 26 de agosto de 2024).
- Servicio Geológico Mexicano (SGM) (2024). *Geología*. <https://www.sgm.gob.mx/GeolInfoMexGobMx/#> (consultada el 2 de diciembre 2024).
- Suárez-Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Publicaciones UIS. <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101-parte01.pdf>
- Suárez, M. & Delgado, J. (2007). La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativos para el año 2020. *Estudios demográficos y urbanos*, 22 (1), 101-142. <https://doi.org/10.24201/edu.v22i1.1295>
- Thomas-Bohórquez, J. (2011). Desarrollo y gestión social del riesgo: ¿una contradicción histórica?. *Revista de Geografía Norte Grande*, (48), 133-157. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022011000100008>
- Tekin, S., Quesada, A. & Çan, T. (2024). Landslide susceptibility assessment of the Asi watershed, southern Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 33 (2), 208-223. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1907>
- Universidad de Costa Rica (2015). ¿Qué es un Lahar? Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica. <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/vulcanologia/5204-que-es-un-lahar> Escuela Centroamericana de Geología
- Yunga-Márquez, J., Díaz, B., Berrú, J., & Zambrano-Zambrano, W. (2017). Elaboración de la cartografía temática de la zona central de la Parroquia Puerto Bolívar. *Cumbres*, 3 (1), 111-117. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v3n1a14>