



MEMORIA  
XIV Congreso Geológico de América Central &  
VII Congreso Geológico Nacional  
San José - Costa Rica, 2022



## Ingeniería Geológica en el Área Metropolitana de San Salvador

José Alexander Chávez<sup>a\*</sup>, Tomáš Hroch<sup>b</sup>, Jan Valenta<sup>c</sup>, Jiří Šebesta<sup>b</sup>, Mauricio Vásquez<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, San Salvador, El Salvador.

<sup>b</sup>Servicio Geológico Checo, Praga, República Checa.

<sup>c</sup>TEXGEO, Praga, República Checa.

**Abstract:** Engineering geological mapping in the Metropolitan Area of San Salvador has been carried on since 2008 in order to improve the decision making and knowledge of risky areas prone to developing pressure. A 1:50,000 scale map of the whole area and in some areas scale 1:10,000 are available. Most problematic areas are related to young tephros on erosion/tectonic hillsides, areas of scarps, flood plains. The maps provide areas with the same lithological, geomorphological and risk characteristics. This information gives zoning and geotechnical recommendations for planning and construction actors in the city for decreasing problems related to mass movements, erosion, floods and earthquakes.

**Palabras clave:** ingeniería geológica, litología, geomorfología, riesgos.

**Key words:** Engineering geology, lithology, geomorphology, hazards.

### Introducción

El Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) está expuesta recurrentemente a procesos geológicos endógenos y exógenos que tienen un impacto importante en las pérdidas ambientales y socio-económicas. Debido a esto, se ha continuado el mapeo de ingeniería geológica iniciado por [1]. Este esfuerzo se enmarca dentro del proyecto “Gestión de Riesgos y Disminución de Vulnerabilidad Social en el AMSS” fase II, financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AACID), ya que las geociencias aportan en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Nueva Agenda Urbana, que buscan ciudades sostenibles y resilientes. Los estudios y cartografía geológica, geomorfológica, así como de ingeniería geológica son un instrumento para comprender cómo y dónde los riesgos geológicos pueden afectar a los habitantes de determinada zona, siendo importante conocer dónde están las mejores condiciones para el desarrollo de la ciudad, permitiendo encontrar un equilibrio entre el uso de los recursos naturales para desarrollar las áreas con criterios más adecuados.

Debido a esto se ha trabajado en ingeniería geológica a escala 1:50,000 para toda el AMSS y 1:10,000 en algunas zonas dentro del AMSS, priorizando zonas críticas o de presión urbanística en sectores de volcán Boquerón, el Carmen (la Escalón), Santa Tecla (carretera a la Libertad y cordillera Bálsamo), Apopa, cuenca de río las Cañas y Chagüite.

---

\*Autor para contacto: alex.chavez@opamss.org.sv

## Materiales y Metodología

La Ingeniería Geológica puede apoyar en la planificación por medio de mapas e identificación de áreas de amenaza natural, pero también puede ayudar solucionando problemas e investigación in situ, obtención de datos para diseño y aprovechamiento de los materiales para la construcción. El mapa de ingeniería geológica es un producto que se elabora en base al mapeo de campo, donde se evalúan durante la campaña de campo algunos parámetros como la estructura geológica, aspectos hidrogeológicos, zonas de depósito en quebradas, geomorfología y predisposición a movimientos de ladera/erosión, inundación, así como parámetros geotécnicos (estimados) e inclinación. La cartografía de ingeniería geológica agrupa unidades geológicas que tienen un comportamiento parecido, además usa algunas formas o unidades geomorfológicas, que no tiene el mapa geológico, como las laderas tectónicas y caldéricas, donde las rocas están más fracturadas.

Como primer paso para el mapeo es la recopilación de información disponible de la zona de estudio como topografía, modelo de elevación, problemas de denudación, geología, geomorfología y sus derivados, hidrogeología, pozos existentes y manantiales, recarga acuífera, sensores remotos incluyendo fotografías aéreas antiguas, información geotécnica entre otros, siguiendo la metodología explicada en [1]. Siendo necesario las visitas de campo a detalle en búsqueda de afloramientos naturales o artificiales y corroborar información compilada (en mapa se puede colocar espesor de capas superficiales). En el presente caso se ha usado la geología de [2] como referencia y mapas geomorfológicos/peligrosidad e InSAR [3]. Pudiéndose evaluar también amenazas como el vulcanismo y la sismicidad si se tiene información. Para el mapeo se usaron curvas topográficas a 10, 5 y 1 m (estas últimas de LIDAR) lo cual ayudo a actualización de mapas a mejor detalle, especialmente en sector de quebradas para modelo de elevación sin cubierta de vegetación.

Los mapas de ingeniería geológica en el AMSS contienen información litológica, aguas superficiales y peligrosidad geológica principalmente, definiéndose cada unidad con sus características y facilitando algunas

recomendaciones de aspectos a considerar. También se generaron mapas tipo semáforo indicando zonas menos problemáticas, de mediana y de alta/muy alta problemática. Además, en la cuenca de las Cañas y Chagüite se usaron los modelos de elevación de los años 80, 2014 y 2020 para observar el cambio de perfil/secciones de ríos y quebradas para interpretar zonas de cambios y sectores de erosión retrograda, así como de depositación. Esto da una idea de dinámica del sector y prever zonas peligrosas si se mantiene el desequilibrio actual, para propuesta de zonas de protección.

## Resultados y Análisis

Las zonas mapeadas se muestran en figura 1, observándose la importancia de las tefras recientes que cubren la superficie y que es donde se producen los movimientos de denudación (erosión y movimientos de ladera). Siendo las zonas más críticas las laderas de erosión, laderas o vertientes tectónicas,

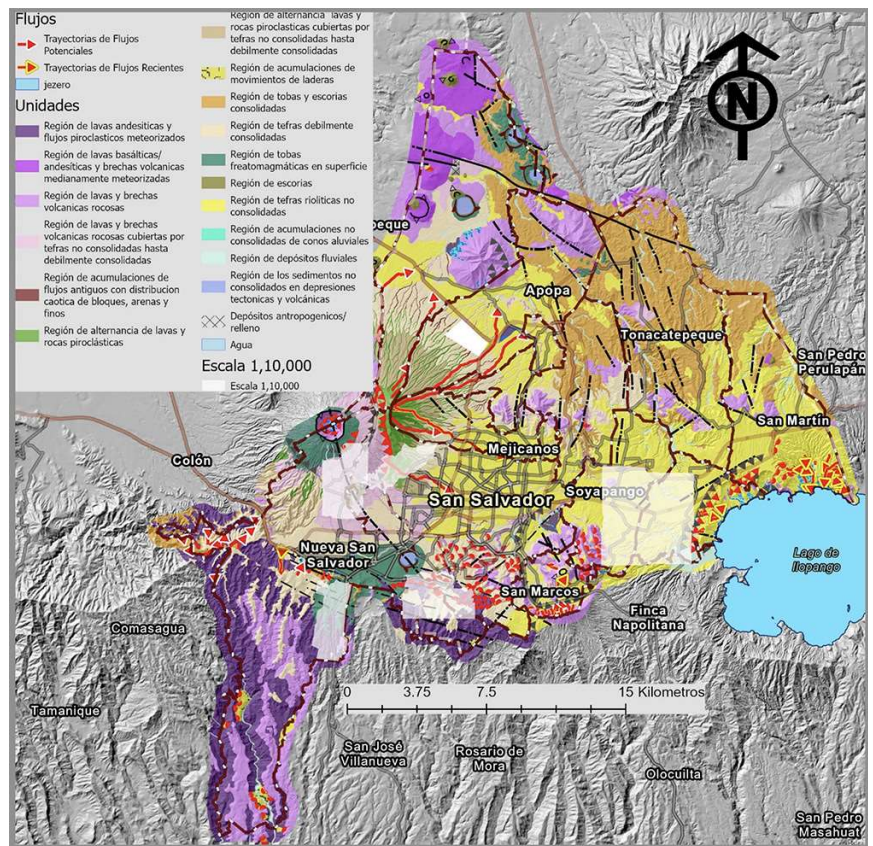


Figura 1. Mapa de Ingeniería Geológica del AMSS, las zonas en blanco indican corresponden a áreas mapeadas en escala 1:10,000.

escarpes volcánicos, badlands (erosión intensa), llanuras de inundación y zonas de fracturamiento/fallamiento principalmente. En cuanto a los estratos más problemáticos resaltan la Tierra Blanca Joven y sectores meteorizados. Iniciándose también la compilación de una base de datos geotécnicos que en tres municipios del AMSS sirvió de base para la obtención de mapas geotécnicos con información de SPT y perforaciones.

En los drenajes relacionados al complejo volcánico de San Salvador, se identificó durante etapa de campo, si dentro de las quebradas hay material acumulado que se podría movilizar y por tanto ser más susceptible a que un posible flujo de escombros aumente su volumen y que pueda afectar aguas abajo, si no se observaba acumulación de materiales en las quebradas, pues el nivel de susceptibilidad es menor. Las Zonas de acumulación o de depresiones sin drenaje son también zonas importantes a identificarlas como zonas de cuidado.

En la figura 2 se muestra un mapa de ingeniería geológica basado en cambios de drenaje fluvial y denudación de la zona oriental (cuenca las Cañas/Chagüite). Los cambios en la dinámica fluvial están relacionados a cambios del nivel base (sectores embovedados), tectónica (movimientos tectónicos recientes), clima (eventos climáticos fuertes) y urbanización (aumento de escorrentía). En la figura 3 se muestra mapa de ingeniería geológica típico del sector al pie de complejo volcánico de San Salvador en el Carmen, la Escalón, con litología, zonas de interés y coberturas de tefras.

## Conclusiones

El conocimiento de las condiciones geológicas aporta los criterios para el uso de tecnologías de construcción adecuadas, para así, evitar pérdidas humanas y económicas cada vez que un evento natural afecta el país. Toda esta problemática podría ser reducida drásticamente si se conociera las características del territorio y se realizaran los estudios correspondientes cuando se proyecta una intervención antrópica; de manera que se pueda conocer de antemano la tecnología adecuada y las áreas en donde hay que tomar consideraciones puntuales. Los mapas de ingeniería geológica ayudan a conocer de manera preliminar el tipo de investigación necesaria y el uso de suelo más recomendado. Además, apoya la toma de decisiones, ya que ahorra dinero al evitar reparaciones constantes, así como, pérdidas económicas y de vidas humanas por lluvias y terremotos.

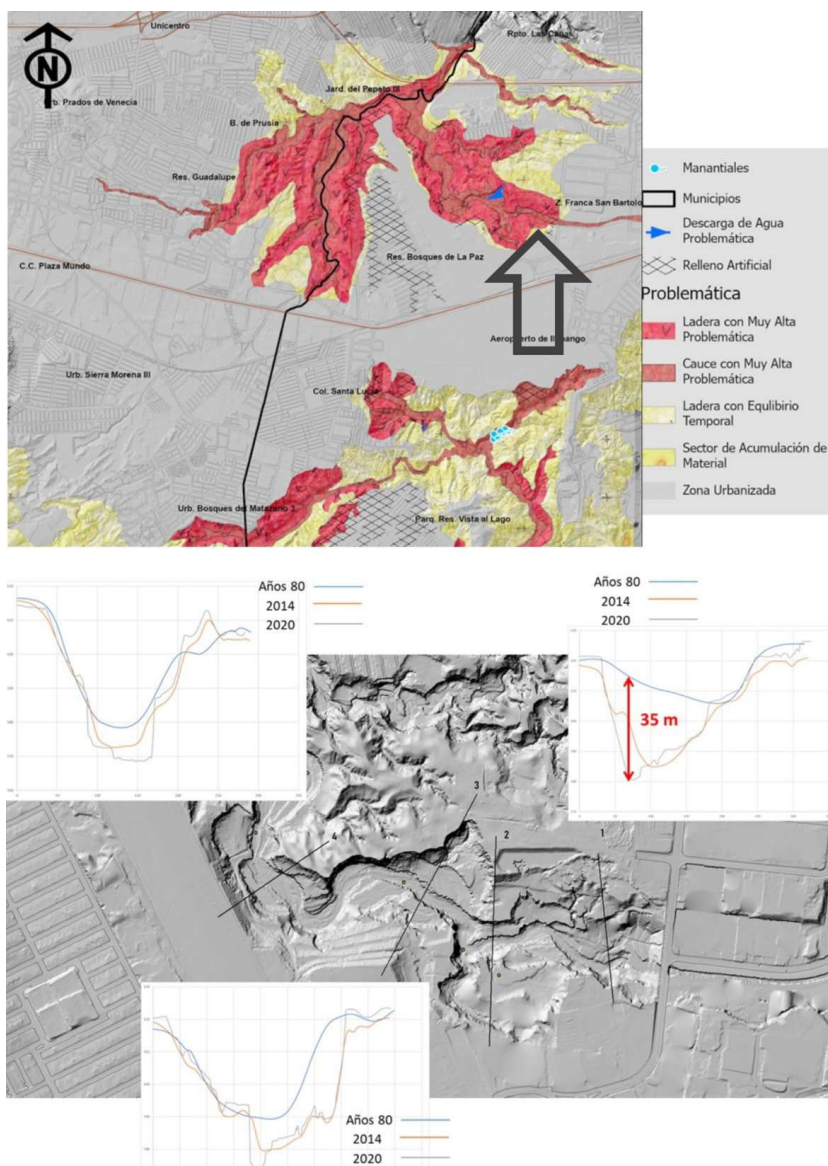


Figura 2. Mapa de Ingeniería Geológica basado en cambios de drenaje fluvial y denudación. Sector Cañas/Chagüite.

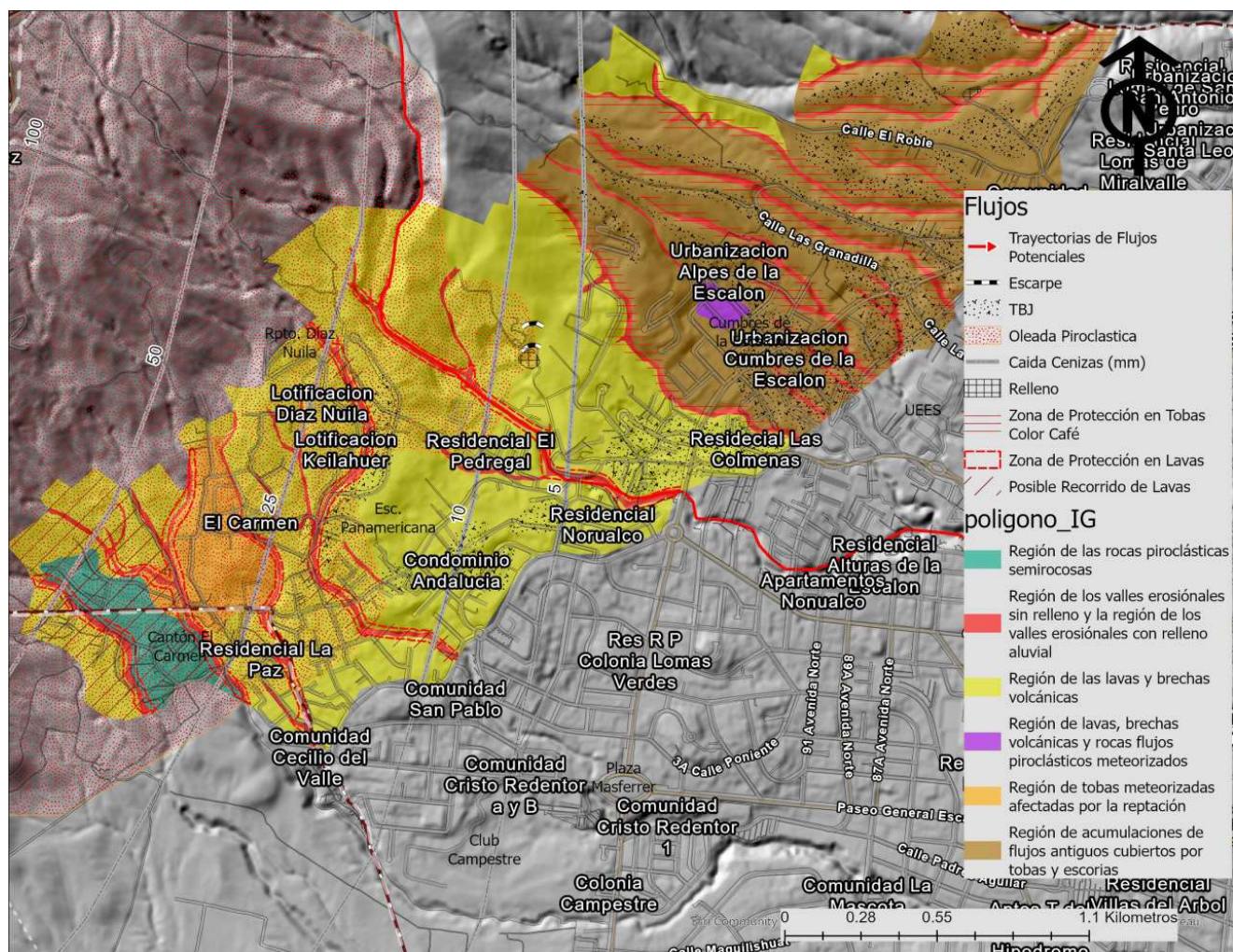


Figura 3: Mapa de Ingeniería Geológica sector del Carmen.

## Referencias bibliográficas

1. Chavez, J. A., Valenta, J., Schröfel, J., Hernandez, W. y Šebesta, J. (2012) Engineering geology mapping in the southern part of the metropolitan area of San Salvador. *Revista Geológica de América Central*, 46, 161–178.
2. Lexa, J., Šebesta, J., Hernandez, W., Chávez, J., Vázquez, y M., Alfaro, I. (2022) Geología del Área Metropolitana de San Salvador (1:50,000), El Salvador, *Revista Geológica de América Central*, 66, 1-23, doi: 10.15517/rgac.v0166.49972, ISSN: 0256-7024
3. Chávez, J., Bichara, Y., Miranda, K., Funes, B., Alfaro, I., Vasquez, M., Calderon, C., Miranda, T., Alfaro, M., Minero, R., Šebesta, J., Lexa, J., Hroch, T., Lazecy, M. (2020), Promoting Resilience and Sustainability in the Metropolitan Area of San Salvador. *Urban Design*, 3 (1), 22-36, ISSN: 2617-9946. DOI: <https://doi.org/10.31058/j.ud.2020.31002>