

## Afectaciones por procesos gravitacionales en momento sísmicos y nivel de erosión del suelo, Colonia Acuilotla (CDMX, México)

Oscar Daniel Rivera González<sup>1</sup>

Recibido: 15 de octubre del 2020 / Enviado a evaluar: 15 de diciembre del 2020 / Aceptado: 10 de diciembre del 2021

**Resumen.** La geomorfología en general de la República Mexicana es demasiado accidentada debido a los pliegues y conformación de dicho territorio geológicamente, es por ello que en diversas ocasiones suceden acontecimientos geomorfológicos de diversa índole, en la Ciudad de México (CDMX) se encuentra la colonia Acuilotla misma que pertenece a la Alcaldía Álvaro Obregón, en la cual se han presentado procesos gravitacionales conocidos comúnmente por la población como deslizamientos o deslaves de tierra, generando riesgo de colapso en los hogares de los habitantes y posibles decesos, para evitar o minimizar dicha problemática se deberá tomar en cuenta el grado de erosión con base en la precipitación en temporada de lluvias y la erosión antrópica que se da en la zona de estudio y colonias aledañas, aunado a los sismos los cuales son muy frecuentes y potencian el deslizamiento de tierras generando diversas problemáticas urbanas.

**Palabras clave:** Procesos gravitacionales; sismos; erosión; geomorfología; afectaciones; laderas.

[en] Affectations by gravitational processes in seismic moments and level of soil erosion, Colonia Acuilotla (CDMX, México)

**Abstract.** The geomorphology in general of the Mexican Republic is too rugged due to the folds and conformation of said territory geologically, that is why on various occasions geomorphological events of various kinds happen, in Mexico City (CDMX) is the Acuilotla colony itself that belongs to the Álvaro Obregón Mayor's Office, in which gravitational processes commonly known by the population as landslides or landslides have occurred, generating risk of collapse in the homes of the inhabitants and possible deaths, to avoid or minimize said problem, take into account the degree of erosion based on precipitation in the rainy season or by anthropic erosion that occurs in the study area and neighboring colonies, in addition to earthquakes which are very frequent and enhance landslides generating various urban problems.

**Keywords:** Gravitational processes; earthquakes; erosion; geomorphology; affectations; slopes.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).  
E-mail: [oscardanieldanyboy@hotmail.com](mailto:oscardanieldanyboy@hotmail.com)

## [fr] Effets des processus gravitationnels aux moments sismiques et au niveau de l'érosion du sol, Colonia Acuilotla (CDMX, Mexique)

**Résumé.** La géomorphologie en général de la République mexicaine est trop accidentée en raison des plis et de la conformation dudit territoire géologiquement, c'est pourquoi à plusieurs reprises des événements géomorphologiques de divers types se produisent, à Mexico (CDMX) se trouve la colonie Acuilotla elle-même, qui appartient au bureau du maire d'Álvaro Obregón, dans lequel des processus gravitationnels communément appelés par la population des glissements de terrain ou des glissements de terrain se sont produits, générant un risque d'effondrement dans les maisons des habitants et d'éventuels décès, pour éviter ou minimiser ledit problème, prendre en compte le degré d'érosion basé sur les précipitations en saison des pluies ou par l'érosion anthropique qui se produit dans la zone d'étude et les colonies voisines, en plus des tremblements de terre qui sont très fréquents et accentuent les glissements de terrain générant divers problèmes urbains.

**Mots clés:** Processus gravitationnels; tremblements de terre; érosion; géomorphologie; affectations; les pentes.

**Cómo citar.** Rivera González, O.D. (2021): Afectaciones por procesos gravitacionales en momento sísmicos y nivel de erosión del suelo, Colonia Acuilotla (CDMX, México). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 41(2), 483-504.

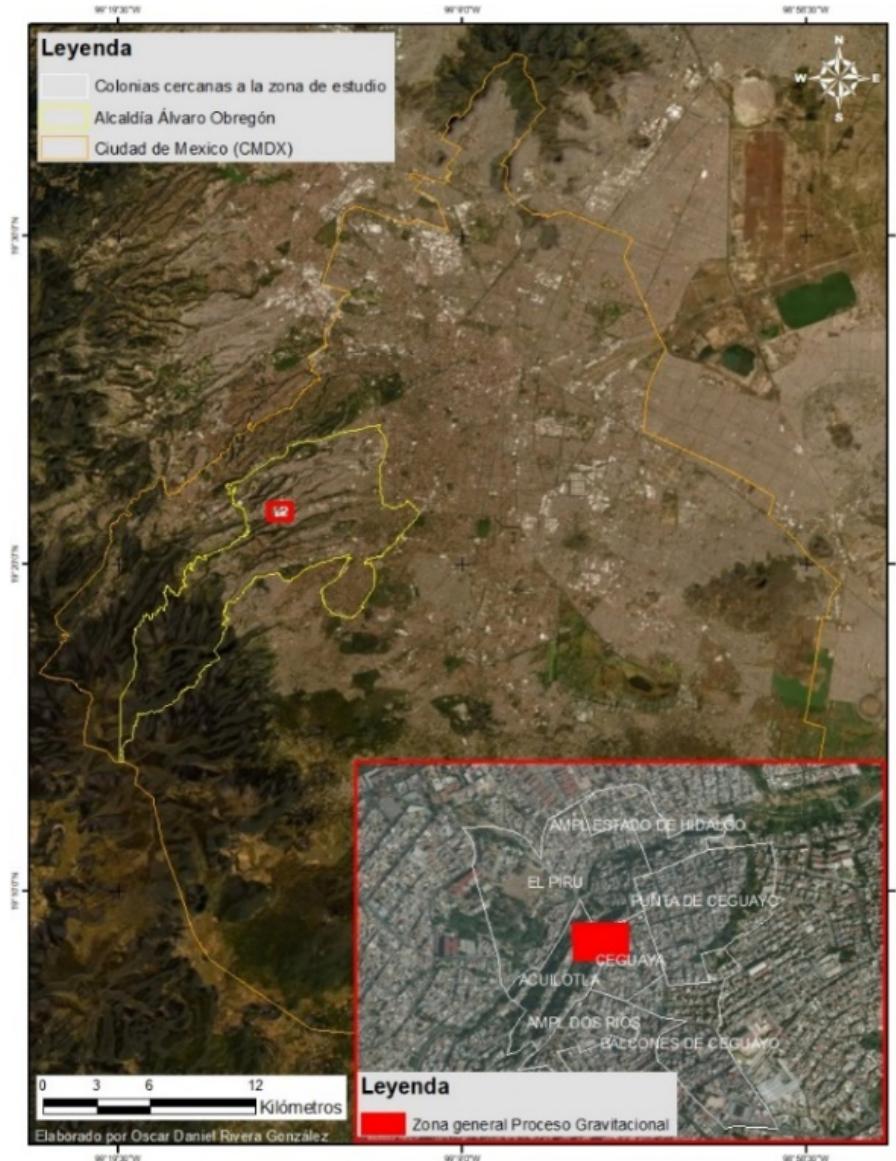
**Sumario.** 1. Introducción. 2. Marco teórico. 3. Metodología. 4. Resultados y conclusiones 5. Reflexión. 6. Referencias bibliográficas.

### 1. Introducción

La Alcaldía Álvaro Obregón cuenta con una geomorfología, topografía, hidrografía, edafología bastante diversa, misma que genera problemáticas como son los procesos gravitacionales, los cuales han generado derrumbes y colapsos parciales o totales de las construcciones existentes en zonas con características no aptas para la construcción y vivienda, la erosión es un tema crucial entendiéndose como un deterioro el cual genera la modelación de la corteza terrestre principalmente en laderas o barrancas donde se sitúan dichas construcciones arquitectónicas, el nivel de erosión puede ser causado por acción del viento, lluvia, procesos fluviales y/o por la acción antrópica, lo cual es un riesgo latente para los habitantes, añadiendo el tema de sismicidad en la CDMX causante en muchas ocasiones de afectaciones en los hogares de los habitantes en cualquiera de las 16 Alcaldías que conforman la CDMX, enfocándose en Álvaro Obregón y en la Colonia Acuilotla (Figura 1) en la cual se generó un desprendimiento de tierra mismo que afectó a la población y vivienda de una familia en particular, el deslizamiento y caída de material a lo largo de la barranca puede expandirse en zonas aledañas en un futuro debido al grado de riesgo con base en la erosividad del suelo, combinado con movimientos telúricos que a diario acontecen en la CDMX, lo antes mencionado es lo que detona dichos deslizamientos de tierra y sus afectaciones posteriores, el hogar afectado (Figura 2) se encuentra en el límite de una barranca el cual perjudicó de manera directa a pobladores mismos que buscaron ponerse a salvo de dicho acontecimiento el cual fue

detonado precisamente por un movimiento sísmico de 2.9 grados en la escala de Richter el cual aconteció el 5 de junio del 2020.

Figura. 1. Zona de estudio Colonia Acuilotla y áreas próximas a la Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX.

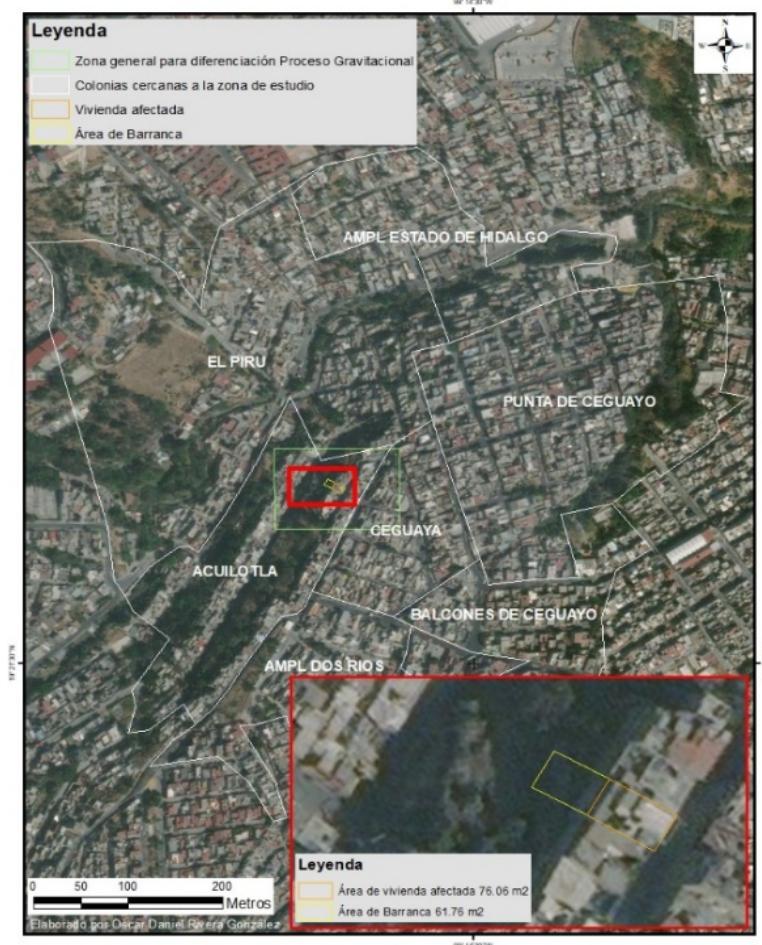


Fuente: Elaboración propia, Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis.

El objetivo principal de este trabajo es mostrar el desarrollo de una zonación de peligros de procesos gravitacionales por formas del relieve y con ello proveer un método cartográfico estandarizado que apoye a las autoridades gubernamentales y al público en general para la mitigación de estos fenómenos en México (Legorreta, 2014).

Con base en la cita anterior es la gran importancia la gestión social del riesgo con fundamentos sustentados en aplicabilidad cuantitativa con base en zonificación cartografiada puntual y a detalle, es por ello el cuidado de la metodología en cuanto a visitas a campo y trabajo de gabinete para posteriormente instaurar mecanismos por parte del aparato gubernamental mexicano dirigidos a la población para concientizar a la misma de la vulnerabilidad que se encuentra inmersa.

Figura 2. Vivienda afectada Colonia Acuilotla, Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Las características devastadoras del sismo el cual generó el derrumbe parcial de tierra fue menor con base en su escala antes mencionada, es por ello la urgencia de tomar en cuenta la geomorfología del lugar y el grado de erosión del suelo, ya que las afectaciones serán catastróficas en caso de presentarse movimientos sísmicos con mayor grado de intensidad comparado con el acontecido el 5 de junio, para darle realidad al modelo que se mostrará más adelante se observa la siguiente noticia periodística misma que revela la problemática real que aconteció mostrando el grado de afectación ocurrido (Figura 3).

Figura 3. Noticia periodística de proceso gravitacional parcial, Colonia Acuilotla, 5 de junio del 2020.



Fuente: El Heraldo, 2020.

Complementado la noticia anterior en la red social Twitter de la cuenta oficial de la Alcaldía Álvaro Obregón se atendió la problemática acontecida (Figura 4) generando mecanismos de corrección y evacuación con base en los daños generados por el deslizamiento de tierra, sin embargo es preferible la prevención por encima de la corrección de daños, inclusive según entrevistas con los habitantes de la Alcaldía mencionan que las autoridades de Protección Civil realizan un papel de atención fortuita y no adecuada con base en los protocolos, los cuales no están debidamente gestionados, es por ello que la población no genera un clima de coordinación y

cordialidad con dichas autoridades, generando solo tensión y nulo entendimiento ya que las según los habitantes las autoridades de la Alcaldía otorgan la atención de una manera deficiente y poco cordial.

Figura 4. Noticia periodística de proceso gravitacional parcial, Colonia Acuilotla, 5 de junio del 2020.

**Alcaldía Álvaro Obregón** @AlcaldiaAO · 5 jun.  
#ProtecciónCivilAO y servicios de emergencia se encuentran, #AlMomento, en labores por el colapso de un talud, en col. Acuilotla. Por tu seguridad, evita la zona.

**Respuestas**

**Unión de Colonos Golondrinas** @GolondrinasCol · 5 jun.  
En respuesta a @AlcaldiaAO  
pero que siga la construcción desmedida, no entendemos por que lo permiten si hay un atlas de riesgo.

**Mía** @marialucke · 8 jun.  
En respuesta a @AlcaldiaAO  
mira @Rod\_luq

Fuente: Red social Twitter cuenta oficial Alcaldía Álvaro Obregón, CDMX.

La ciudad de Concepción, localizada en el Centro Sur de Chile, es un centro urbano que en el curso de su historia ha sido afectado recurrentemente por riesgos naturales. En este artículo, se zonifican y evalúan las áreas expuestas a riesgos: sísmico, de anegamiento, de inundación fluvial y de procesos de remoción en masa (Mardones y Vidal, 2001).

Retomando la cita anterior, la problemática de procesos gravitacionales por sismos incentivada por el grado de erosión del suelo es acontecida en muchos países de América Latina y del mundo, es por ello la urgencia de establecer medidas de atención y no solo corrección o reparación del daño una vez acontecido el siniestro geomorfológico, las cuales puedan ser replicadas con base en datos cuantitativos y cualitativos reales y certeros, toda la problemática generada y explicada hasta el

momento es más frecuente en zonas con alto índice de desarrollo urbano no regulado, careciendo de una adecuada planeación urbana por parte del Gobierno Federal de México, Estatal de la CDMX y de la Alcaldía Álvaro Obregón. .

Figura 5. Imagen 3D vivienda afectada por proceso gravitacional parcial, Colonia Acuilotla.



Fuente. Google Earth 2020.

Se identificó y georreferenció la vivienda afectada por el deslizamiento de tierra con base en fotointerpretación y trabajo de campo (Figura 5), es pertinente observar que la mayoría de los hogares construidos a lo largo de la barranca donde aconteció dicho proceso gravitacional, se encuentran actualmente en riesgo latente, ya que fueron cimentados inadecuadamente sobre el borde de una ladera donde se produjo el fenómeno geomorfológico; incrementando el nivel de riesgo por el grado de erosión potenciado por movimientos sísmicos.

## 2. Marco teórico

Explicar y comprender con base en lo escrito teóricamente de los principales especialistas contemporáneos que hasta el momento han trabajado total o parcialmente la problemática que trata de resolver el presente artículo, son importantes relacionarlas con la empiría, es por ello que antes de entrar a análisis técnico y metodológico es imprescindible la solidez cualitativa y cuantitativa que estriba en la problemáticas de afectaciones por procesos gravitacionales en momento sísmicos tomando en cuenta la erosividad del suelo.

*En la Ciudad de México se observan tipos de falla cuyas causas son bien conocidas: planta baja débil, edificios en esquina, estructuras modificadas por los usuarios, cambios de uso, entre otros. En el interior de la república se observan fallas debidas a la mala estructuración de las edificaciones. Muchas de las estructuras son de autoconstrucción, por lo que no cuentan con los elementos mínimos para resistir las fuerzas generadas por un sismo* (Pérez et al., 2018)

La cita anterior es de bastante relevancia observando la vulnerabilidad en la cual se desenvuelve la vida de cualquier habitante de la CDMX, en específico dentro de la Alcaldía Álvaro Obregón al recibir constantes movimientos sísmicos, mismos que incrementan el riesgo de colapso de infraestructuras con base en la inadecuada construcción o autoconstrucción que se da de manera ilegal en zonas no aptas para la edificación, el tema de la autoconstrucción no permitida es un tema que intensifica la problemática abordada, ya que en zonas donde existe urbanismo no planificado el número de niveles sigue incrementando debido a la no intervención de las autoridades gubernamentales.

*Se ha observado que los sismos de moderada y gran magnitud pueden inducir deslizamientos de laderas que podrían ocasionar pérdidas por sismo en caminos y carreteras. Incluso, se ha documentado que un enorme deslizamiento puede ser disparado por un efecto combinado de cambio de presión de poro en el suelo debido a las lluvias y un muy pequeño sismo* (Sasha et al., 2010).

Con base en la mención anterior lo que se plantea es uno de los puntos tratados en el presente artículo de investigación, ya que entre las diversas causas de deslizamientos de tierra como lo fue en la colonia Acuilotla acontecido y detonado por un movimiento sísmico, se puede observar que no fue un sismo de una escala elevada, sin embargo hay que poner atención en este tipo de erosividad del suelo ya que probablemente el grado de riesgo a futuro en caso de acontecer otro movimiento sísmico de mayor grado las afectaciones podrían ser abrumadoras.

*Los derrumbes y deslizamientos provocados por la sismicidad no son desconocidos. al contrario. existen eventos históricos ocurridos en este siglo, de los cuales destacan los siguiente: 9 de octubre de 1963 en Belluno, Italia: 3 700 muertos por un flujo de tierras; 18 de julio de 1964 en Nigata, Japón: 108 muertos y 50 mil damnificados; 19 de marzo de 1971 en Chungar, Perú: 600 muertos por un deslizamiento de rocas. En México, el terremoto del 29 de octubre de 1959 provocó derrumbes de rocas, deslizamientos y flujos de tierra en las localidades de Minatitlán, Oaxaca 800 muertos y en Zacoalpan, Colima 1 000 muertos (Frausto, 1999).*

La problemática de procesos gravitacionales no es un tema regional o local dándose a escala mundial, aconteciendo en cualquier momento y lugar, inclusive en zonas con distintos climas, hidrología, edafología, geomorfología, geología, entre otras características, observándose que la metodología al final del manuscrito puede ser replicada en varias partes del mundo, siempre tomando en cuenta las características del terreno en cuanto a la topografía, geología y tipo de suelo, es por ello la importancia de la gestión adecuada del País, Estado y/o Municipio para tratar de aminorar las problemáticas acontecidas posteriores de algún movimiento telúrico de gran magnitud.

*Los terremotos no se pueden evitar ni predecir a corto plazo, pero sí se pueden estimar los movimientos esperados en una cierta zona a largo plazo, lo que se conoce como peligrosidad sísmica. Esto permite el diseño sismorresistente de las edificaciones y estructuras expuestas, de modo que puedan resistir esos movimientos, lo que supone reducir su vulnerabilidad. De esta forma el riesgo sísmico, concebido como el producto de la peligrosidad por la vulnerabilidad y exposición, puede ser reducido o mitigado. En esto se basa la línea de prevención de daños a la que actualmente se dedican los mayores esfuerzos para evitar que terremotos futuros sean catastróficos. Es una incertidumbre la predicción, pero la prevención si la podemos utilizar adecuadamente (Belén, 2013).*

La cita anterior cobra relevancia en la posible gestión social del riesgo ante deslizamientos de tierra con base en una adecuada prevención trabajada desde un modelo y metodología teórica-empírica, aterrizada en la realidad con un modelo técnico utilizando tecnología informática para estimar el grado de riesgo en cuanto a pérdidas y/o afectaciones económicas, sociales y humanas, es por ello que en la colonia Acuilotla será muy complicado establecer estructuras sismorresistentes, sin embargo se podrá concientizar a la población, llegando a una concertación entre gobierno-sociedad y generar un plan de reubicación o reforzamiento de laderas para evitar posibles daños de fenómenos geomorfológicos con base en movimientos sísmicos.

*Para ejecutar la investigación se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica sobre los métodos e índices de diagnóstico para evaluar la erosión. En este sentido las principales fuentes de información lo constituyeron las revistas dedicadas a las investigaciones en Ciencias del Suelo, Hidrología, Geomorfología, Procesos Exógenos y Evolución de Paisajes, entre las que pueden citarse Journal of Hydrology, Hydrological Science Bulletin, Earth Surface Processes and Landforms, Journal of Soil and Water Conservation, Hydrological Processes, Catena, Geomorphology, Edafología. Otros materiales fueron obtenidos de los sitios en Internet de Universidades y Centros de Investigación que investigan los procesos de degradación de los suelos, en particular, la erosión (Vega y Febles, 2005).*

Con base en lo anterior es de vital importancia generar un ambiente de multidisciplinariedad o transdisciplinariedad entre las diversas ciencias sociales, físicas y humanas, en el caso Mexicano las diversas instituciones educativas se encuentran segmentadas de tal manera que no hay un acuerdo entre las mismas, cada una resolviendo problemáticas de ciencias de la tierra no tomando en cuenta la opinión de ciencias a disciplinas auxiliares, lo cual es de vital importancia para generar planes de coordinación y gestión primeramente entre las diversas disciplinas científicas encargadas de estudiar dichos fenómenos geomorfológicos, para posteriormente ser explicados al Gobierno Mexicano y finalmente ser llevarlas a campo para alertar y/o concientizar a la sociedad vulnerable ante deslizamientos de tierra.

Centrándonos en el tema del grado de erosividad es tan complejo analizarlo que deberá ser estudiando desde diferentes perspectivas, el incremento del riesgo de deslizamiento por sismo y más aún en zonas naturales protegidas como lo son

barrancas, puede ser entendido en su totalidad por diversas ciencias, la edafología podrá encargarse de saber con detalle la composición del suelo y grado de inestabilidad, la geomorfología podrá comprender la posible afectación y comportamiento de la pendiente con base en la geoforma estudiada, la ingeniería civil podrá explicar cuál es la resistencia de la estructura y su vulnerabilidad con base en la opinión de la geología y topografía del sitio, inclusive la sociología y psicología tendrán su función en cuanto a la concientización en la sociedad, es por ello la importancia de la interdisciplinariedad en la ciencia.

*La urbanización en América Latina fue el resultado de la incorporación de sus sociedades en la división internacional del trabajo, insertándose en la industrialización que se consolidaba en otros territorios. De allí la falta de correlación entre los indicadores de urbanización e industrialización, y la no correspondencia del incremento demográfico con el crecimiento del empleo urbano, particularmente industrial* (Pírez, 2013).

La explosión demográfica en los últimos años en la CDMX es abismal, es entendible hasta cierto punto el grado de urbanización en partes no aptas para la habitabilidad, añadiendo aún más el tránsito en la CDMX de personas provenientes del Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo, Morelos entre otros, mismos habitantes que diariamente o varias veces a la semana se desplazan para desarrollar sus actividades comerciales, rentando cuartos a bajo costo para pernoctar en su estadía en la CDMX, según entrevistas con habitantes las rentas son muy económicas debido a que se encuentran en zonas de barrancas a lo largo de la Alcaldía Álvaro Obregón, sin embargo las autoridades en México a nivel Federal, Estatal y Municipal debieron gestionar adecuadamente el crecimiento de la CDMX sin pretexto alguno o por lo menos en la actualidad generar mecanismos de gestión social del riesgo.

*Reflexionar sobre los riesgos urbanos y la justicia urbana en Centroamérica es parte de la preocupación sobre las inequidades en que se ha basado la construcción de las ciudades de estas naciones. En estos países, los desastres urbanos parecen ser cada vez más frecuentes, y si bien la vida cotidiana vuelve a la normalidad después de que pasa la etapa de emergencia, esta ocurre sobre bases cada vez más frágiles en las que las familias asumen los costos a largo plazo de la reconstrucción, pero volviendo a reproducir los comportamientos y patrones de ocupación del suelo urbano que hicieron que los daños del último evento fueran más devastadores que el anterior* (Caballero, 2013).

La mención anterior es muy importante contextualizarla, ya que el riesgo urbano que genera un desastre urbano como resultado de afectaciones en una vivienda y posibles decesos en los habitantes, podrá ser evitado o disminuido el grado de afectación con un plan de reestructuración urbana para evitar un desastre y no solo resarcirlo con mecanismos de emergencia, la concientización a la población es muy importante lo cual se puede explicar a detalle con la muestra de los mapas finales mostrados en el presente artículo, explicándolos de manera muy digerible a dicha población, es importante precisar que no deberá imponer el Gobierno Mexicano de ninguna manera medidas de expulsiones forzadas, ya que según entrevistas con habitantes mencionan que en años pasados se habían realizado desalojamientos

forzados por parte de la Alcaldía Álvaro Obregón a vecinos, inclusive mencionando los mismos habitantes que prefieren perecer y morir en la barranca envés de ser expulsados de sus viviendas, es por ello la urgencia de la coordinación primeramente entre los tres niveles de Gobierno en México para posteriormente ser replicado en la sociedad.

*Una parte fundamental en el diseño conceptual de una obra civil (caminos, fábricas, aeropuertos, etc.) es poder conocer cuál será el movimiento de tierra que deberá realizarse en la zona donde se planea construir. Esto evidentemente, dependerá de la topografía del sitio y de la extensión que la obra civil abarcará. Una aplicación muy poderosa de los SIG es el cálculo de volúmenes, a partir de un modelo digital de terreno (Mena, 2007).*

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la actualidad son de gran aporte y apoyo para el estudio de la geografía en zonas rurales y urbanas en México y del mundo, sin justificar al Gobierno Mexicano era complicado comprender y atender en años anteriores zonas y crecimiento urbano tan desmedido sin un tema de fotointerpretación digital y demás herramientas que hacen el estudio de la geografía más entendible actualmente en ciertos aspectos, actualmente dichas herramientas nos permiten fotointerpretar y analizar soluciones sin necesidad de ir a campo, dichas herramientas informáticas de los SIG nos permiten conocer la geomorfología, topografía, hidrografía, edafología, entre otras características que anteriormente costaban meses o años saber su información.

*Retomando las posibilidades que brindan las geotecnologías, en particular las que ofrecen los sistemas de comunicación contemporánea, y al mismo tiempo la necesidad de reducir los riesgos y prevenir los desastres, una alternativa para optimizar el manejo y distribución de información sobre amenazas naturales son los instrumentos que ofrecen las tecnologías Internet-SIG, debido a que la mayoría de los datos necesarios para el estudio de riesgos y desastres implica de forma infalible los aspectos geográficos (Campos et al., 2010).*

El uso de los SIG contemporáneos es sin duda el resultado de la reducción o desaparición de riesgos en cualquier temática geográfica estudiada, estos sistemas informáticos deberán ser comprendidos en mayor porcentaje por geógrafos y estudiosos del planeta Tierra, sin embargo también se necesitará el apoyo de diversas ciencias que utilizan softwares como los de Diseño y dibujo asistido por computadora (CAD) mismos que son utilizados en su mayoría por arquitectos e ingenieros civiles, observándose de nuevo la interdisciplinariedad para resolver en este caso la problemática de afectaciones por procesos gravitacionales en momentos sísmicos y nivel de erosión del suelo.

*El programa de la política de desastres en México es revisado bajo la premisa de que ha resultado insuficiente para prevenir, de manera efectiva, la ocurrencia de desastres. La política mexicana de desastres se basa en una serie de instrumentos que inciden en los distintos momentos del desastre (de la etapa de riesgo al posdesastre), aunque hasta ahora se ha privilegiado la atención de emergencias y no se ha dado suficiente fuerza a los instrumentos y prácticas que podrían conducir a una política de gestión integral de los riesgos (Estrada, 2014).*

La gestión pública urbana enfocada en riesgos de procesos gravitacionales conocidos como deslizamientos de tierra es una falacia del Gobierno Mexicano a la sociedad, inclusive los mecanismos adoptados por diversos artículos, normas, estatutos, leyes, a nivel Federal, Estatal o Alcaldía solo están descritos en la teoría mas no en la práctica, ya que de implementar lo existente por ejemplo lo contenido en los artículos 27, 73, 115, 116, 122 de la Constitución, Gaceta oficial de la CDMX y Estrategia de Resiliencia De la CDMX, no existirían las afectaciones que acontecen en la actualidad en zonas de barrancas o laderas, lo cual solo genera pérdidas y problemáticas en los habitantes de la Alcaldía Álvaro Obregón.

*Se identifican las estrategias que se utilizan en la actualidad para integrar la sensibilización de los riesgos sísmicos en la conciencia popular a través de la cultura de la prevención, que incluye, aunque no se limita a:*

- a. Leyes, normas y reglamentos que tienen en cuenta la prevención de desastres.*
- b. Divulgación del conocimiento común sobre desastres potenciales y su influencia en la vida diaria.*
- c. Desarrollo de herramientas técnicas para situaciones de emergencia.*
- d. Esfuerzos continuos en educación sobre temas de riesgos y conocimiento especializado en temas de interés popular, como la predicción.*
- e. Desarrollo de los planes y procesos en una situación de emergencia (Tapia et al., 2017).*

La concientización, sensibilización y concertación de las autoridades en México con habitantes de las zonas vulnerables a procesos gravitacionales abrirá el camino de la posible solución ante la problemática acontecida, es muy probable que sin el trabajo en conjunto con la sociedad no se logre una reestructuración urbana o al menos impedir el crecimiento urbano, el cual será directamente proporcional al riesgo geomorfológico a futuro, se podrán generar técnicamente mecanismos de gestión del riesgo en su vertiente cualitativa y cuantitativa sin embargo el desconocimiento de la sociedad en cuanto al riesgo en el que se encuentra inmersos, solo incrementará la problemática generando fricción y disputa entre habitantes y gobierno, mencionando que según el trabajo empírico realizado por un servidor impera en la actualidad esta nula conexión y entendimiento entre estas dos partes.

### **3. Metodología**

La siguiente metodología explica a detalle el rango o grado de erosividad con base en el desgaste producido por la precipitación pluvial y acción del desgaste de la misma, incentivado por los habitantes al generar zonas de construcción en zonas con características geomorfológicas no habitables, observándose aún más el desgaste en la superficie terrestre, el cual se intensifica en temporada de lluvias combinado con movimientos sísmicos que acontecen a lo largo de la CDMX, enfocándonos en la Colonia Acuilotla dentro de la Alcaldía Álvaro Obregón.

*Es importante que paulatinamente los profesionales de la información y de otras áreas del conocimiento, mediante procesos de formación teórico-prácticos,*

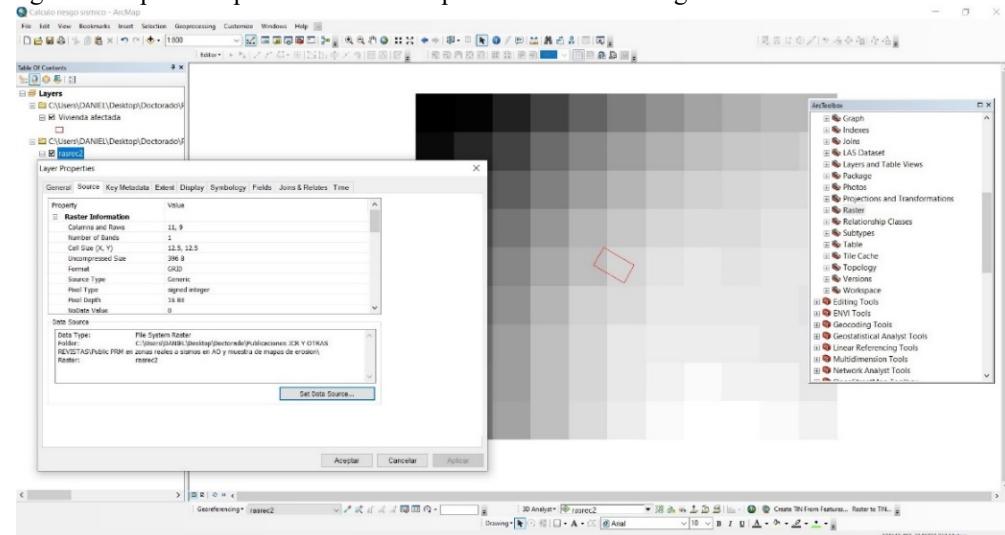
comiencen a adquirir competencias específicas y necesarias como para emplear con éxito las herramientas básicas de los SIG, así como su diseño y mantenimiento, según sus diferentes aplicaciones (Santovenia et al., 2009).

Con base en la mención anterior la metodología aplicada en el presente artículo deberá entenderse desde la teoría para aplicarla en la práctica, para así poder llegar a un resultado concreto y certero, utilizando herramientas otorgadas por la tecnología en este caso por los SIG los cuales tienen diversas utilidades cuantitativas.

Se deberá tomar en cuenta el seguimiento de cada uno de los procedimientos para una modelación adecuada y confiable, esto dependerá de la geomorfología, hidrografía, geología, entre otras características geográficas para que el resultado final del modelo sea certero.

Primeramente, se descargará de manera gratuita una imagen formato tipo Raster (figura 6), conocido dicho formato por contener características de elevación y forma de la superficie terrestre, obtenido de página electrónica de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) con un nivel de pixel de 12 metros ratificado y medido directamente en campo.

Figura 6. Captura de pantalla detalle del pixel 12.5 metros imagen Raster.

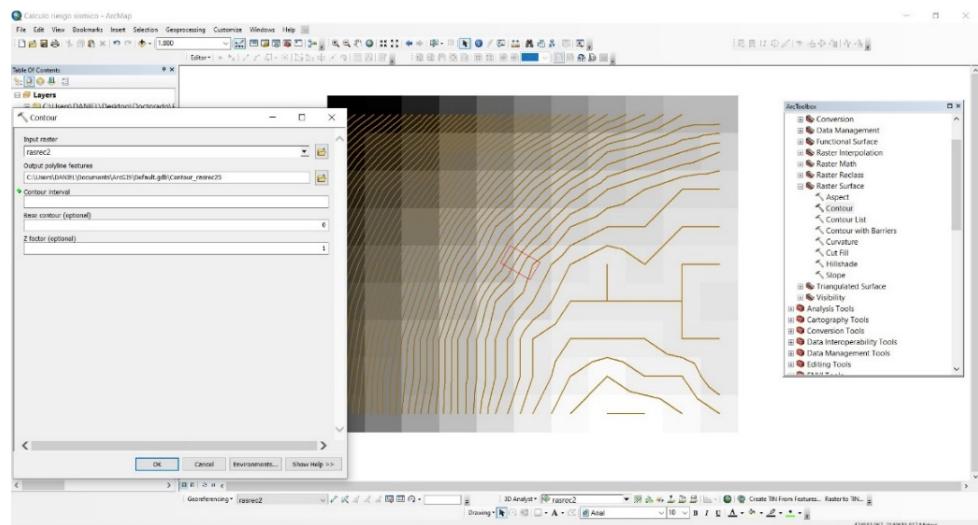


Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Posteriormente de la imagen Raster se obtendrá la topografía generando curvas de nivel para conocer las elevaciones de la zona de estudio y alrededores con un intervalo de un metro entre cada curva de nivel (Figura 7), número que deberá escribirse en la opción Contour interval, se deberá establecer ese parámetro de un metro para generar mayor calidad del nuevo Raster, es importante mencionar que solo se podrá obtener dicho parámetro con imágenes Raster con nivel de pixel de 12

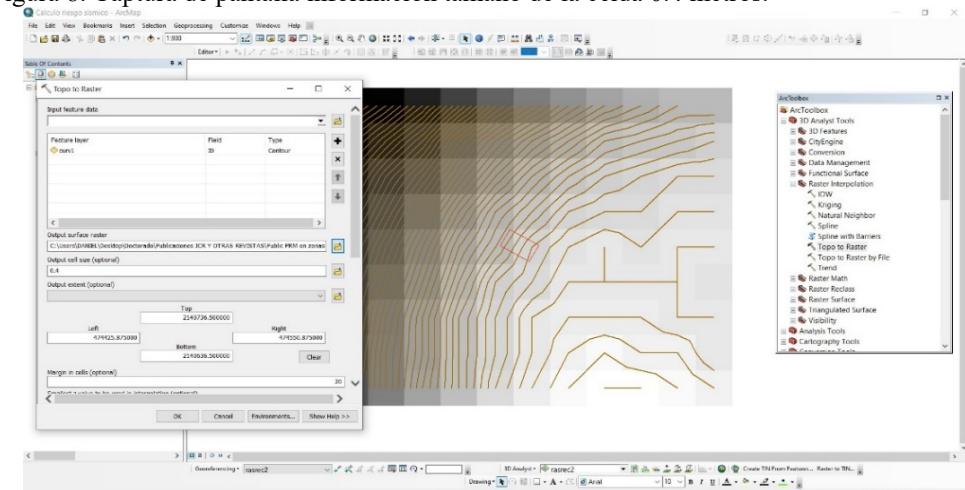
metros o menores, de lo contrario el nivel de detalle y resultado del nuevo Raster será erróneo.

Figura 7. Captura de pantalla curvas de nivel intervalo de un metro.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Figura 8. Captura de pantalla información tamaño de la celda 0.4 metros.

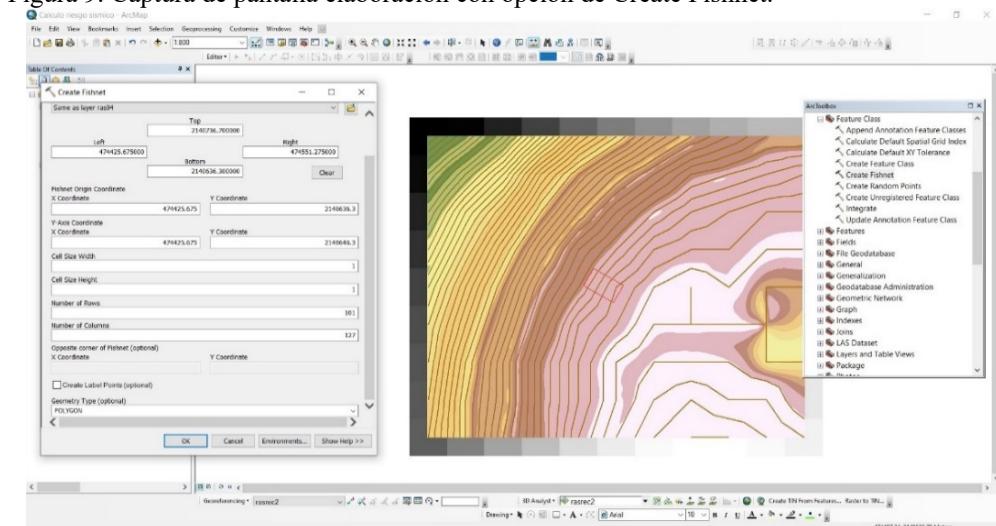


Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Seguidamente con las curvas de nivel obtenidas se deberá adquirir una nueva imagen Raster (Figura 8), generando por default un tamaño de celda saliente de 0.4

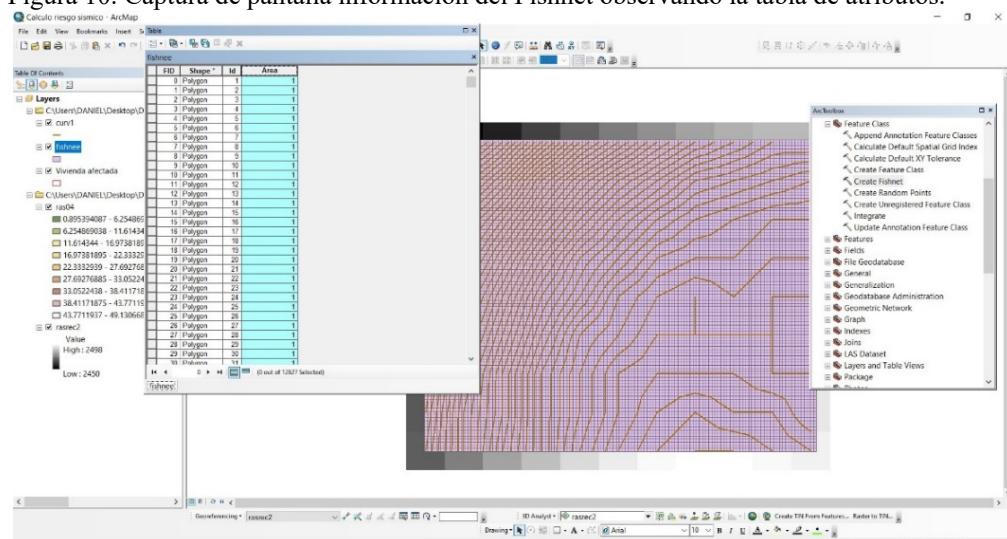
metros, es decir un nivel de precisión de 40 centímetros, este paso podrá verificarse realizándose trabajo de campo para constatar dicha información, es importante mencionar se realizó dicho recorrido en campo con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y resultó un máximo de error de uno a dos metros, error considerable y aceptable para la generación del modelo.

Figura 9. Captura de pantalla elaboración con opción de Create Fishnet.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Figura 10. Captura de pantalla información del Fishnet observando la tabla de atributos.



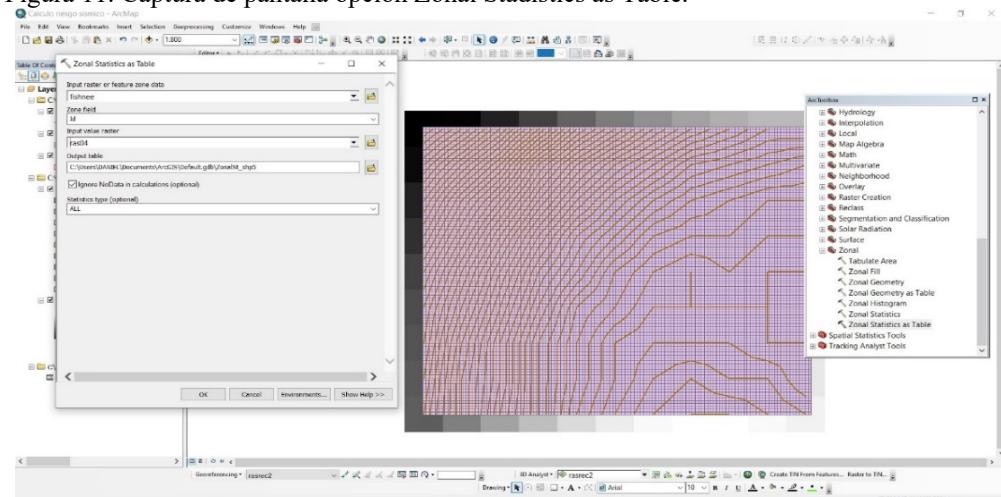
Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Posteriormente se creará un Fishnet (Figura 9) proceso en el cual se obtendrá el grado de profundidad de erosión con base en la geomorfología, hidrografía e información en general contenida en la imagen Raster, es importante realizar el cálculo estableciendo parámetros correctos en el número de columnas y filas con base en la medición del pixel obtenido del paso anterior.

Se observará en la tabla de atributos en las propiedades del Fishnet el área total de cada uno de los pixeles (Figura 10) el cual dará como resultado 1 m<sup>2</sup>, lo que será de completa confiabilidad para generar los rangos de profundidad de erosión, lo cual se deberá tomar en cuenta en caso de movimientos sísmicos.

Seguidamente se deberán obtener las estadísticas de la zona (Figura 11) seleccionando la opción Zonal Stadistics as Table contenida en la caja de herramientas del software en la opción Zonal, se deberá seleccionar el campo de la zona junto con el Raster que se generó de tamaño de celda de 40 cm para obtener un resultado preciso.

Figura 11. Captura de pantalla opción Zonal Stadistics as Table.

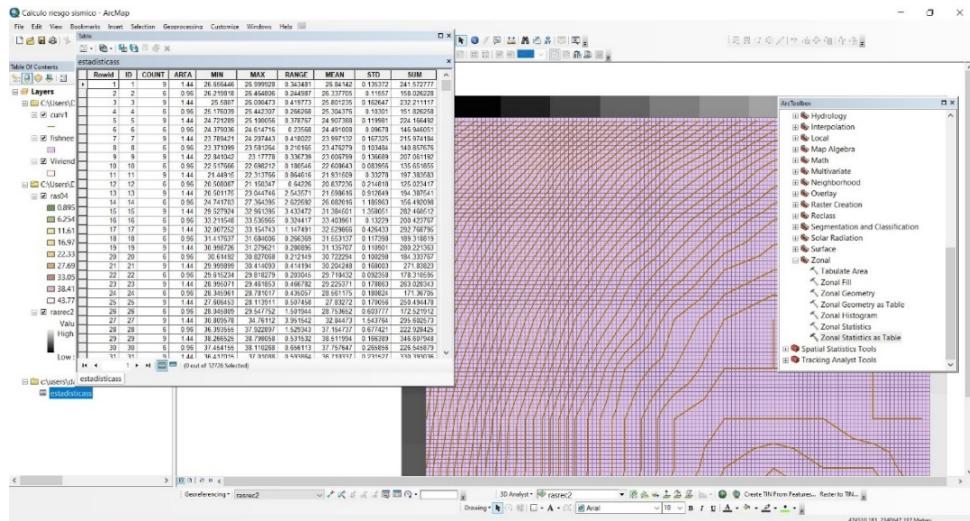


Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Se deberá observar la totalidad de información en la tabla de atributos (Figura 12) de las estadísticas obtenidas del paso anterior, misma que genera los diferentes rangos de la profundidad de erosión, más adelante se ocupará la columna de rango la cual reflejará los valores finales del modelo.

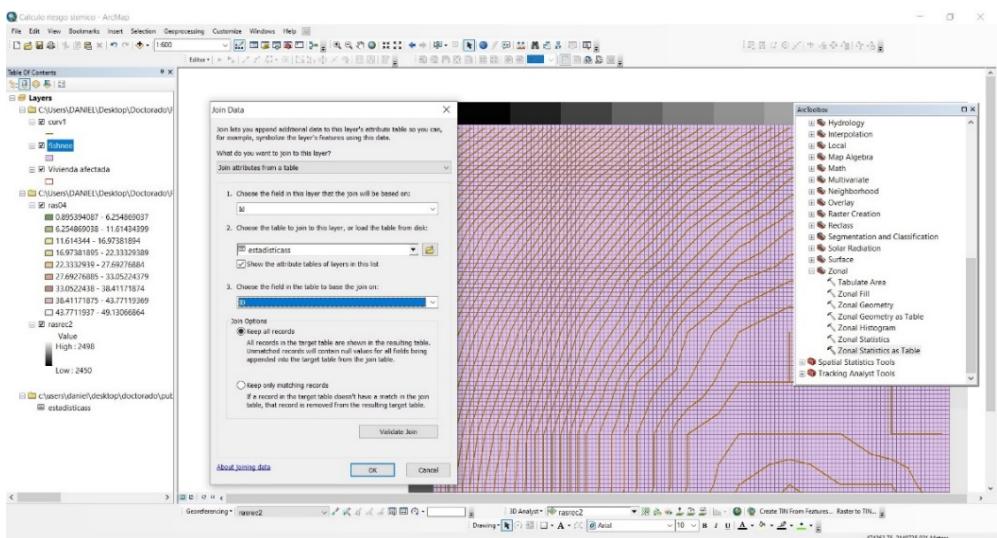
Se deberá unir el campo del ID contenido en el Fishnet con el campo de Zonal Stadistic as Table (Figura 13) para que genere una sola columna y puedan reflejarse visualmente los resultados.

Figura 12. Captura de pantalla datos de la tabla de atributos con del resultado de Zonal Stadistics as Table.



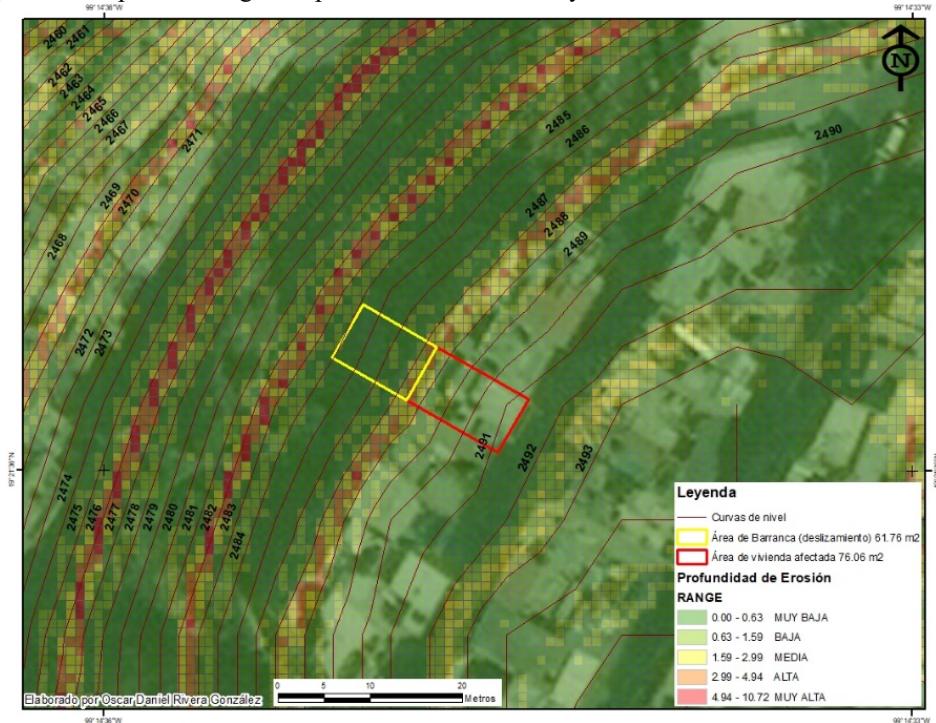
Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Figura 13. Captura de pantalla intersección del Fishnet con Zonal Stadistics as Table.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

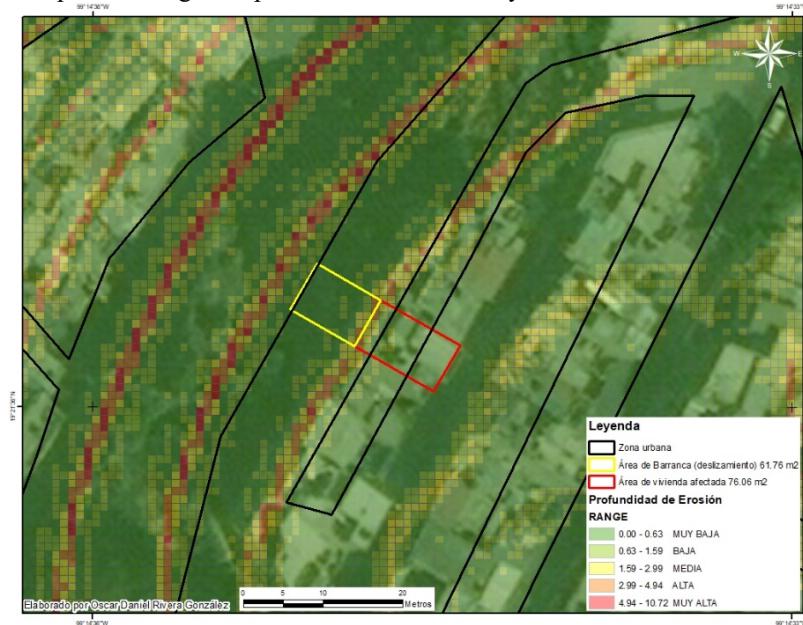
Figura 14. Mapa final rangos de profundidad de erosión y curvas de nivel, Colonia Acuilotla.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

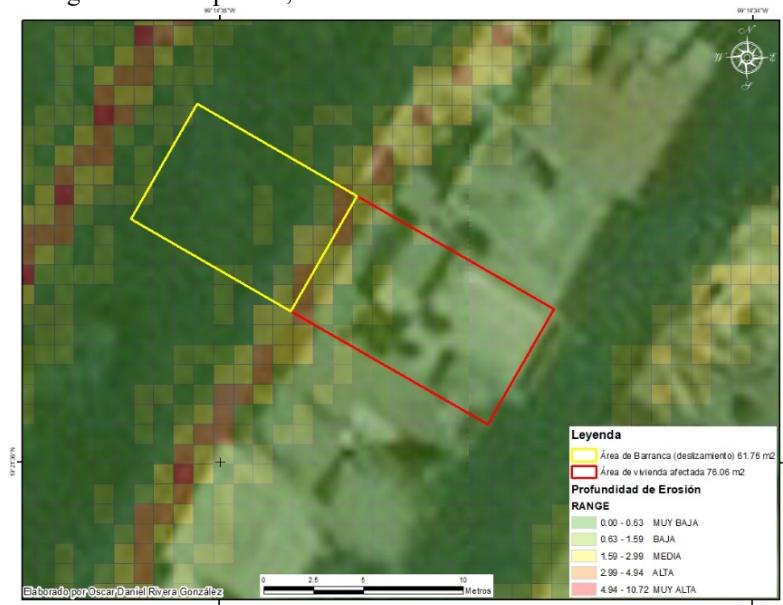
Finalmente se pueden observar las principales zonas de riesgo medio y alto que se encuentran a lo largo de la barranca dónde ocurrió el proceso gravitacional en Colonia Acuilotla (Figura 14 y 15), inclusive se puede observar y verificar con mayor detalle que la zona analizada en cuanto al riesgo afectó a la vivienda georreferenciada en el presente artículo, encontrándose en dicha vivienda una profundidad de erosión media y alta (Figura 16), la cual será aún más vulnerable en cuanto a la presencia de un movimiento sísmico futuro mayor dependiendo del grado en la escala de Richter.

Figura 15. Mapa final rangos de profundidad de erosión y zona urbana, Colonia Acuilotla.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

Figura 16. Mapa final rangos de profundidad de erosión y afectaciones en la vivienda donde ocurrió proceso gravitacional parcial, Colonia Acuilotla.



Fuente: Elaboración propia, SIG ArcGis.

#### 4. Resultados y conclusiones

Se puede observar que el grado de profundidad de erosión genera un inminente riesgo de presencia de procesos gravitacionales conocidos comúnmente por la población como deslizamientos de tierra, potenciándose de mayor manera en temporada de lluvias entre los meses de junio a septiembre, erosionando la lluvia al suelo de manera natural, aunado a la erosión antrópica la cual está directamente relacionada con el urbanismo y reemplazamiento de la cobertura natural con materiales de construcción en zonas de laderas.

Reconocer que existe previamente en la comunidad una ruta de aprendizaje comunitario y que debe ser respetado e incluido en el proceso de re-significación, implica pensar en conjunto con la comunidad cómo continuar o mejorar sus prácticas actuales tanto hacia la construcción social de la prevención, como a la reducción colectiva y cultural de su vulnerabilidad (Zambrano y Gómez).

Los sismos al ser movimientos repentinos presentándose en cualquier momento y según el grado de devastación perjudican a muchos sectores de la población, de ahí el respeto y prevención que se debe tener ante deslizamientos de tierra derivador por sismos y agentes aceleradores como el grado o nivel de erosión del suelo, con base en los mapas obtenidos de la metodología empleada en el presente artículo se deberá implementar gestión social entre autoridades gubernamentales y sociedad en general, que año con año se observa a lo largo de la CDMX y en particular en la alcaldía Álvaro Obregón un urbanismo voraz y no planificado, por ello la necesidad de concientizar y reflexionar a la población para eliminar el riesgo que contrae habitar autoconstrucciones realizadas en su mayoría por no profesionales, punto medular para dicho entendimiento por parte de la población de las principales zonas según el grado de erosión, sin duda los sismos aceleran el grado de riesgo y con ello procesos gravitacionales mismos que en ocasiones generan pérdidas de viviendas y vidas humanas.

#### 5. Reflexión

Actualmente la coordinación, gestión, entendimiento, cooperación, concertación, entre el aparato gubernamental ya sea Alcaldía o CDMX y la población es casi nulo, por un lado el gobierno mexicano no toma en cuenta las zonas donde se establece población en áreas no aptas para el urbanismo, aunado al aumento de numero de niveles en las construcciones ya existentes; lo que incentiva en la población a seguir habitando zonas sin importancia de sus características geográficas, según entrevistas con la población la autoridad de la Alcaldía Álvaro Obregón posterior a procesos de deslizamientos de tierra acontecidos en el pasado solo llegan a resarcir el daño con medidas de emergencia en cuanto a evacuación de la familia o familias afectadas, así como la recolección de materiales de construcción afectados o devastados, no otorgando medidas de prevención para impedir de nuevo la construcción en el

área afectada, por lo que pasado un tiempo se vuelve a construir nuevamente en la zona afectada observándose la indiferencia de aparato gubernamental, inclusive vecinos y habitantes de la Alcaldía se han coordinado y planean que en caso de llegar la autoridad de la Alcaldía a impedir alguna construcción en algún área no habitable, los habitantes se defenderán con grupos de choque llamados Asambleas de Barrios, mismos que se dedican a defender la ocupación informal observándose que esto solo genera más conflicto entre población y autoridades.

El principal camino para detener o aminorar la problemática de deslizamientos de tierra es la concientización a la población del riesgo en el cual viven a diario con base en la metodología mostrada en el presente artículo, se deberán realizar mesas y reuniones de trabajo entre autoridades de la Alcaldía y CDMX con los habitantes por medio de representantes vecinales y llegar a un acuerdo de reestructuración urbana, reforzamiento de laderas con materiales pertinentes, apoyo a familias que deseen deshabituar su vivienda, entre otras medidas, nunca llegando a la imposición con medidas de fuerza pública en cuanto a desalojos forzados.

## 6. Referencias bibliográficas

- Belén, O. (2013). Geología, terremotos y riesgo sísmico: avances y perspectivas. Editorial Encuentros Multidisciplinares nº 45 Septiembre-Diciembre 2013, España, 6. <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA45/Bel%C3%A9n%20Benito.pdf>
- Caballero, E. (2013). Los riesgos urbanos y la justicia urbana en Centroamérica. Anuario de Estudios Centroamericanos 39, 2. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=152/15233381002>
- Campos, M., Toscana, A., Monroy, J. & Reyes, H. (2011). Visualizador Web de información cartográfica de amenazas naturales, Boletín de la Sociedad Geológica 63 (1), 74. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-33222011000100007&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000100007&lng=es&tlang=es)
- El Heraldo (2020). Se suma sismo a deslaves en Álvaro Obregón. <https://heraldodemexico.com.mx/cdmx/se-suma-sismo-deslaves-alvaro-obregon-ciudad-mexico-protecciin-civil-alcaldia-talud-deslizamiento/> [Consulta 25 de junio de 2020].
- Estrada, G. (2014). Puesta en práctica de una política de desastres: los instrumentos de la gestión de riesgos en México, Bulletin de l'Institut français d'études andines 43 (3), 2014, 1. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=126/12637145011>
- Frausto, O. (1999). Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuautepec: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la Ciudad de México. Investigaciones geográficas, (38), 15. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46111999000100003&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111999000100003&lng=es&tlang=es)

- Gómez, A., García, J. (2000). Surface sediments characteristics and present dynamics in alluvial fans of the Central Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 34 (3-4), 127-142.
- Legorreta, G. & Lugo, J. (2014). Zonación de peligros por procesos gravitacionales en el flanco suroccidental del volcán Pico de Orizaba, México. *Investigaciones geográficas*, (84), 21. <https://doi.org/10.14350/ig.37004>
- Mardones, M. & Vidal, C. (2001). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE*, XXVII (81), <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=196/19608106>
- Mena, U. (2007). Aplicación de los sistemas de información geográfica en la ingeniería civil. Editorial Tendencias Tecnológicas, México, 64, <https://www.ineel.mx/boletin022007/tend.pdf>
- NASA (2020). Datos de Tierra. <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>, [Consulta 8 abril de 2020]
- 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), 42. <https://dx.doi.org/10.21149/9300>
- Pírez, P. (2013). La urbanización y la política de los servicios urbanos en América Latina. Editorial Andamios, 10(22), 48. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-00632013000200004&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632013000200004&lng=es&tlang=es)
- Santovenia, J., Tarragó, C. & Cañedo, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. ACIMED, 20(5), 74. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352009001100007&lng=es&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009001100007&lng=es&tlang=es)
- Sasha, K., Nagai, O., Solidum, R., Yamazaki, Y. & Ohta, H. (2010). An integrated model simulating the initiation and motion of earthquake and rain induced rapid landslides and its application to the 2006 Leyte landslide, *Landslides*, Vol. 7, No. 3, 219-236.
- Tapia, E., Reddy, E. & Oros, Laura. (2017). Retos e incertidumbres en la predicción y prevención del riesgo sísmico. *Ingeniería sísmica*, (96), 68. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2017000100066&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2017000100066&lng=es&tlang=es)
- Twitter Álvaro Obregón (2020). Protección Civil Álvaro Obregón. [https://twitter.com/AlcaldiaAO/status/1269015428023681024?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1269015428023681024%7Ctwgr%5E&ref\\_url=https%3A%2F%2Fd-37457151041243901469.ampproject.net%2F2007040248002%2Fframe.html](https://twitter.com/AlcaldiaAO/status/1269015428023681024?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1269015428023681024%7Ctwgr%5E&ref_url=https%3A%2F%2Fd-37457151041243901469.ampproject.net%2F2007040248002%2Fframe.html) [Consulta 19 de junio de 2020].
- Vega, M. & Febles, J. (2005). La investigación de suelos erosionados: Métodos e índices de diagnóstico. Editorial Minería y Geología, 21 (2), p.2 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2235/223516049002>
- Zambrano, L. & Gómez, E. Prácticas culturales y gestión del riesgo sísmico: la cultura de las buenas costumbres. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* 2015;33(3): 396. <https://dx.doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v33n3a08>.