

Riesgo de origen geomorfológico en zonas rurales y urbanas ante procesos gravitacionales, Teziutlán Puebla, México

Risk of geomorphological origin in rural and urban areas before gravitational processes, Teziutlán Puebla, Mexico

Oscar Daniel Rivera González

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

<https://orcid.org/0000-0002-7698-7433>

oscardanieldanyboy@hotmail.com

RECIBIDO

13/04/2022

ACEPTADO

04/07/2022

RESUMEN

Es latente el riesgo de presentar procesos gravitacionales comúnmente llamados deslizamientos de tierra en diversas zonas de la República Mexicana, acelerados por la presencia de lluvias y movimientos sísmicos incrementando la vulnerabilidad de poblaciones que viven en zonas no aptas para la urbanización, debido a la irregularidad geomorfológica. Como ejemplo, se documentó lo acontecido en la colonia La Aurora, Estado de Puebla, lugar donde se generó la muerte de más de 100 personas por un deslizamiento de tierra detonado por lluvia extraordinaria. La intención del presente artículo es generar una novedosa y precisa metodología que pueda ser utilizada en cualquier parte del mundo que cuente con características similares a la zona de estudio, para evitar afectaciones urbanas/rurales ante futuros acontecimientos geomorfológicos. Por lo anterior, se generó un modelo utilizándose datos de rangos de pendiente, marginación, uso de suelo, degradación y precipitación; categorizándolos en niveles Muy Bajo 1, Bajo 2, Medio 3, Alto 4 y Muy Alto 5, para su posterior análisis en conjunto con base en el cruce de información; con el objetivo de generar gestión social del riesgo y pueda replicarse dicho modelo en otras partes de América Latina y del mundo.

PALABRAS CLAVE

Riesgo; geomorfología; rural; urbano; gravitacional.

ABSTRACT

There is a latent risk of gravitational processes commonly called landslides in various areas of the Mexican Republic, accelerated by the presence of rain and seismic movements, increasing the vulnerability of populations living in areas unsuitable for urbanization, due to geomorphological irregularity. As an example, we documented what happened in the La Aurora neighborhood, State of Puebla, where more than 100 people died as a result of a landslide triggered by extraordinary rain. The intention of this article is to generate a novel and precise methodology that can be used in any part of the world that has similar characteristics to the study area, in order to avoid urban/rural affectations in the face of future geomorphological events. Therefore, a model was generated using data on slope ranges, marginalization, land use, degradation and precipitation; categorizing them into levels Very Low 1, Low 2, Medium 3, High 4 and Very High 5, for subsequent analysis based on the cross-referenced information; with the objective of generating social risk management and to replicate this model in other parts of Latin America and the world.

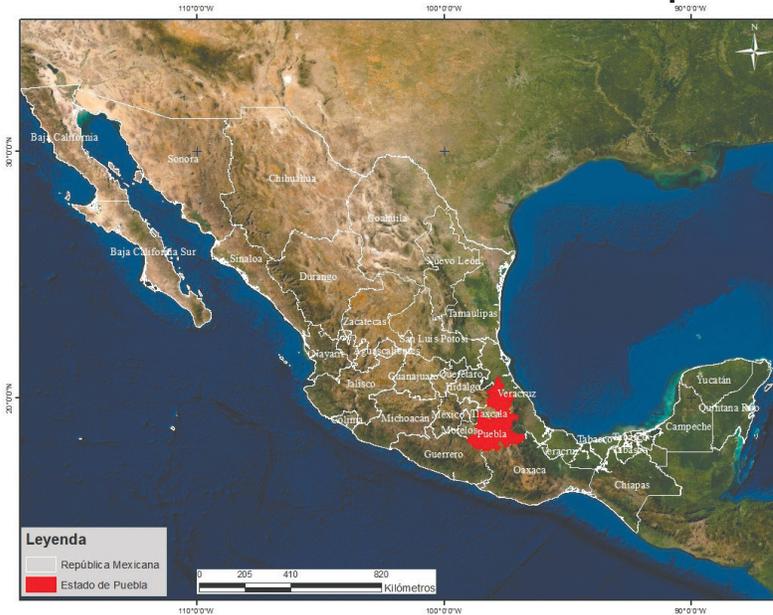
KEYWORDS

Risk; geomorphology;
rural; urban; gravitational.

INTRODUCCIÓN

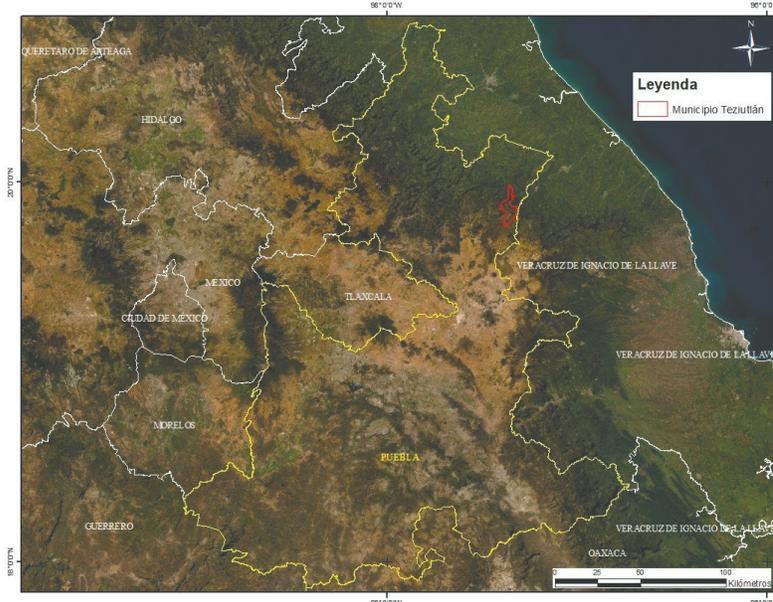
Teziutlán es un Municipio el cual se encuentra al Noreste del Estado de Puebla dentro de las coordenadas $19^{\circ}49'03''\text{N}$ $97^{\circ}21'39''\text{O}$ (Figura 1 y 2), ubicado geográficamente en la Sierra Nororiental, por ello, la importancia del estudio geomorfológico de Teziutlán, el cual, en su mayoría es bastante irregular, generando riesgo con base en la existencia de asentamientos rurales y urbanos que se encuentran dentro de dicho Municipio.

Figura 1. Ubicación del Estado de Puebla dentro de la República Mexicana



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Ubicación del Municipio de Teziutlán dentro del Estado de Puebla



Fuente: Elaboración propia

Como consecuencia de las lluvias extraordinarias en octubre de 1999, varios desastres asociados a la inestabilidad de laderas ocurrieron en el estado de Puebla. Teziutlán fue fuertemente afectado por varios movimientos complejos, existiendo deslizamientos y flujos, ocasionando la pérdida de más de 100 vidas humanas (Flores & Alcántara, 2002).

La geomorfología de Teziutlán tiene pendientes no tan abruptas en la parte Sur del Municipio, sin embargo, en medida que se avanza al Norte crece la vulnerabilidad según la pendiente, por otra parte, la marginación, degradación y uso de suelo, es diversa a lo largo del Municipio, características que potencian la devastación de fenómenos geomorfológicos; de ahí la importancia del cruce y correlación de esta información, por ello, la importancia de la multidisciplinariedad de ciencias físicas y sociales en cuanto a métodos cualitativos y cuantitativos.

La mayoría de la población del Estado de Puebla actualmente no cuenta con servicios básicos de vivienda, inclusive según el Consejo Nacional de Población (CONAPO) gran parte de la población de Teziutlán cuenta con un grado de marginación alto y muy alto (CONAPO, 2010); tema bastante importante, dado al pausado grado de recuperación que podrían tener los habitantes en caso de presentarse futuros acontecimientos a procesos gravitacionales; puntualizando que dicho indicador de marginación es uno más de los analizados y estudiados para la implementación de la cartografía final del presente artículo.

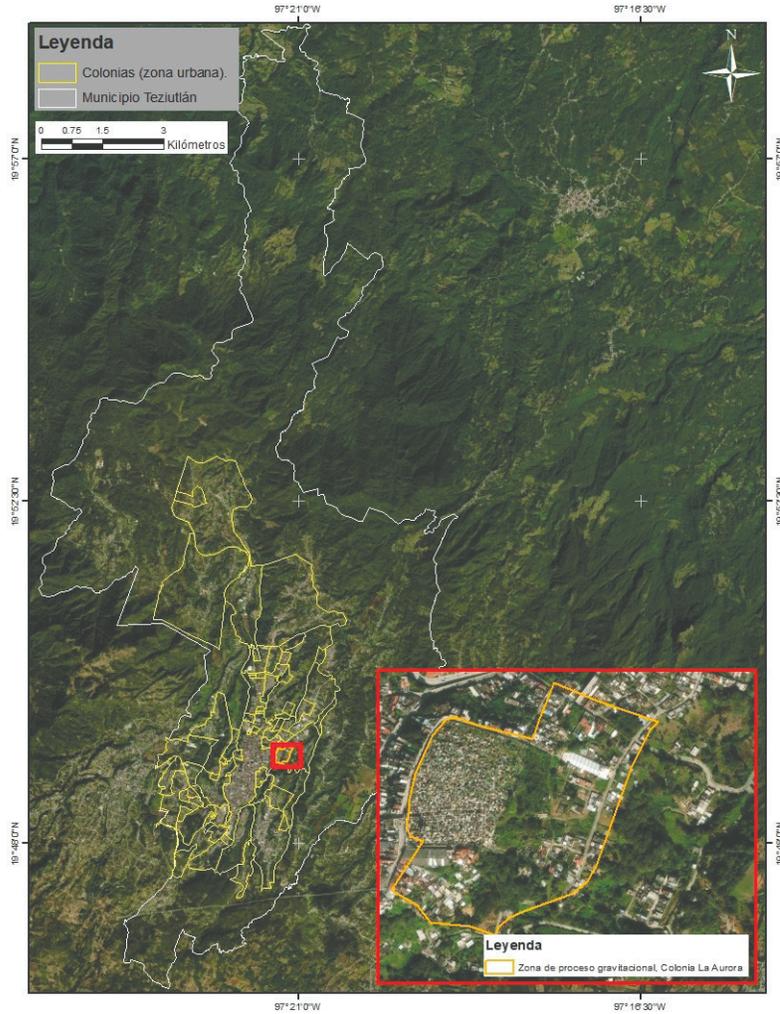
Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2004), Teziutlán cuenta con una moderada pero creciente degradación química del suelo, debido a la declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica que se presenta en la actualidad. Esto, incentiva el reblandecimiento de la tierra y porosidad de la misma, aumentando el riesgo de presentar procesos gravitacionales, los cuales, son muy recurrentes.

Con base en lo anterior, el Gobierno Federal Mexicano y el del Estado de Puebla deberán ejecutar planes de gestión con pobladores, ya que existen zonas dentro de dicho Estado no tan riesgosas para la urbanización o posible reubicación, las cuales, podrían ser utilizadas para una adecuada reestructuración urbana.

Por otra parte, como medida de contención en las zonas con alto riesgo de deslizamientos de tierra con un gran porcentaje de urbanismo, se podrán generar mecanismos de ingeniería civil, urbanismo y arquitectura que amortigüen la ocurrencia de dichos fenómenos geomorfológicos, siempre respetando las costumbres y derechos de los habitantes; estableciendo una concertación y no imposición por parte de las autoridades gubernamentales.

El Municipio de Teziutlán ha sufrido acontecimientos geomorfológicos que han causado decesos en habitantes, puntualmente uno de los más destructivos y dañinos para la población fue el ocurrido en la Colonia La Aurora (Figura 3) el 5 de octubre de 1999; sepultando hogares enteros debido a un proceso gravitacional. Según el diario El Sol de Puebla (2019), más de 100 personas según noticias periodísticas (Figura 4) padecieron la afectación.

Figura 3. Municipio de Teziutlán y ubicación de la zona de estudio, Colonia La Aurora



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Noticia periodística donde se observa las afectaciones del proceso gravitacional, año 1999, Colonia La Aurora



Fuente: (El Sol de Puebla, 2019)

Después de lo acontecido, según entrevistas con habitantes, aun cuentan con la incertidumbre y temor en temporada de lluvias a que se presenten posibles procesos gravitacionales, peligro con el cual no pueden y no se acostumbran a vivir.

Las autoridades gubernamentales en México no han generado medidas de contención o de reducción del riesgo gestionadas con la población, inclusive la mayoría de las personas mencionan que están dispuestas a dialogar con autoridades para ser reubicados, ya que temen por su vida y la de sus familias.

Es de suma importancia, establecer como un antecedente, lo ocurrido en 1999 y analizar a profundidad las afectaciones humanas, incluyendo las pérdidas de vidas de manera repentina, que hasta el día de hoy, son recordadas por los que vivieron tal acontecimiento.

Ahora bien, probablemente seguirán ocurriendo deslizamientos de tierra a lo largo de dicho Municipio de Teziutlán con base en las características geomorfológicas del suelo, precisando que en temporada de lluvias en Teziutlán se genera un clima de pánico, el cual, se transmite entre la población, algo no olvidado por los habitantes desde 1999.

Por ello, el gobierno mexicano en cualquiera de sus tres niveles jerárquicos de gobierno, deberá urgentemente implementar planes de reubicación rural y urbana; sin perjudicar los intereses de los habitantes para salvaguardar sus vidas en todo momento.

El propósito y objetivo más relevante de dicha investigación, es crear una novedosa y precisa metodología para ser replicada en cualquier parte de México y el mundo, donde existan características similares a la zona de estudio.

Lo anterior, con la finalidad de evitar afectaciones urbanas/rurales ante futuros acontecimientos geomorfológicos, por medio de la implementación de modelos estableciendo parámetros de gestión social del riesgo.

Es de suma importancia comprender diversas problemáticas que estriban alrededor de lo analizado en el presente artículo desde distintas perspectivas, es por ello, que el estado del arte debe de analizarse.

A continuación, se presentan algunos análisis investigativos para comprender lo que sucede alrededor de los procesos gravitacionales en zonas de montaña y cuáles son las afectaciones, así como, las posibles soluciones y/o alternativas.

De acuerdo con el informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, existe una tendencia global creciente en cuanto al número de decesos asociados a riesgos en países de ingresos bajos y medios, debido a inundaciones y procesos gravitacionales (Quesada & Barrantes, 2017).

La problemática tratada en el presente artículo es de índole mundial, no podemos regionalizar o segmentar geográficamente problemáticas en cuanto a procesos gravitacionales u otras cuestiones ambientales, es por ello, que la propuesta en cuanto a la metodología expuesta en el presente artículo; evidencia un caso en específico, con el objetivo de ser replicado en diversas partes del mundo, ya que la vulnerabilidad de la población en cualquier país crece ante la escasa o nula coordinación entre autoridades Federales, Estatales y/o Municipales con las personas posiblemente afectadas.

Las barrancas con laderas asimétricas en cuanto a su extensión lateral, forman inestabilidad en valles, convirtiéndose en procesos gravitacionales en laderas con paredes convexas (Legorreta & Lugo, 2014).

Es importante analizar que en la mayoría de las laderas asimétricas pueden ocurrir procesos gravitacionales, mismos que incrementarán el riesgo en construcciones existentes en laderas de montaña, por ello, la importancia de generar coordinación en las partes aun no urbanizadas dentro del Municipio de Teziutlán.

En la mayoría de las ocasiones la población edifica sin tomar en cuenta la pendiente o demás geo formas, por lo cual, el gobierno Municipal y Estatal deberán coordinarse en cada una de las posibles construcciones o edificaciones, impidiendo la aparición de asentamientos humanos en zonas con características no habitables, y en cuanto a las zonas donde el riesgo ya se encuentra en existencia; crear conciencia en la población para una posible reubicación.

La dinámica de los procesos gravitacionales se altera debido a la variación en los parámetros climáticos, observándose un número creciente de tales eventos que afectan los asentamientos humanos en zonas urbanas y rurales (Sandu et al., 2009).

Los asentamientos humanos urbanos y rurales regulares e irregulares son responsabilidad directa del habitante con complicidad del aparato gubernamental; esto se relaciona directamente con la nula operación urbana, por lo que al mezclarse lo anterior con el impacto de eventos como procesos gravitacionales, huracanes, sismos, lluvias extraordinarias, inundaciones, erupciones volcánicas, entre otras, cobran vidas humanas y ocasionan diversas consecuencias.

Por lo anterior, la urgencia del trabajo de las autoridades y población para generar la menor vulnerabilidad ante este tipo de acontecimientos, generando planeación urbana en lugares donde no existe un urbanismo completo y, por otro lado, una reconfiguración urbana y rural en zonas con características geográficas no habitables.

Actualmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG) establecen modelos de ruta ante un posible proceso gravitacional, utilizándose para simular una

posible evacuación basada en Modelos Digitales de Elevación (MDE) (Wichmann, 2017).

Las elevaciones observadas en trabajo de campo pueden trabajarse desde la Informática por medio de Softwares conocidos como SIG, para un mejor entendimiento y trabajo, los archivos que contienen distintas alturas en cuanto a las elevaciones de terreno son conocidos como MDE, los cuales, componen proyecciones y estimaciones con base en las características geomorfológicas del terreno, de ahí la importancia de su utilización.

Precisando que el nivel de pixel llevado a la realidad utilizado en el presente artículo es de un tamaño de celda de 12.5 metros medido directamente en campo, observándose que la calidad del mismo MDE puede generar resultados eficaces y certeros ante posibles soluciones con base en las afectaciones derivadas de procesos gravitacionales.

La utilización de los SIG sirve en la actualidad para el análisis de riesgos múltiples en entornos montañosos, trabajándose en diferentes escalas desde la digitalización desde un computador; inclusive trabajando diferentes tipos de información sobre el riesgo de una misma área a evaluar, especialmente en relación con su interacción (Van Westen, et al., 2014).

Los SIG son utilizados cada vez más frecuentemente en diversas partes del mundo, es por ello, que la utilidad de los mismos en cuanto a generar búsqueda de elevación, hidrografía, zonas urbanas, zonas rurales, hace comprender cuantitativamente y visualmente el análisis de diversos riesgos en conjunto, precisando la importancia de generar medidas de gestión social del riesgo urbano y rural con base en datos cuantitativos reflejados en los SIG.

La necesidad de vivienda en diversas partes de Latinoamérica se apoya en la capacidad organizativa de la población, de modo que el 80% de las viviendas son autoproducidas, lo que está directamente relacionado con la calidad no solo de la vivienda sino del hábitat y con la construcción de vulnerabilidad (Urquieta, 2014).

Teziutlán como muchas regiones de América Latina cuenta con una capacidad de recuperación ante desastre baja y muy baja, debido al alto grado de marginación que existe, la organización de las personas tras lo acontecido en el año de 1999 fue hasta cierto punto de ayuda y auxilio; la población no espero la llegada de servicios de emergencia para rescatar a personas que se encontraban bajo los escombros, sin embargo crece el riesgo de que al existir un segundo proceso gravitacional podría generar más pérdidas humanas.

Por lo anterior, es de vital importancia la capacitación del gobierno a la población en cuanto a técnicas simples de rescate sin verse expuestos ellos mismos, con el objetivo de auxiliar a otras personas afectadas hasta donde sea posible; es muy importante explicar a detalle a la población el posible riesgo que conlleva este tipo de rescate no profesional y no supervisado.

La importancia de la reconfiguración del problema público referido a la gestión de desastres es vital, la cuestión central específica que los desastres son la armonización de formas de apropiación y uso del territorio, incentivando el riesgo (Ávila et al., 2016).

La creación de una política pública enfocada a la gestión social del riesgo es muy importante, se podrán generar técnicas cuantitativas analizadas y coordinadas con la población, sin embargo, de no llevarse a cabo con una política pública adecuadamente fundamentada de poco servirá, de ahí la importancia de la aplicación de mecanismos reales en cuanto a metodología teórica y empírica precisa, para posteriormente convertirse en una política de desarrollo público.

Diversas tragedias en el mundo ocurridas por procesos gravitacionales son recurrentes, como ejemplo en Colombia, específicamente en Villa Tina, el 27 de septiembre de 1987, una zona que no había sido calificada previamente como de alto riesgo, cobró la vida de más de 500 personas (Coupé, 2011).

La importancia de realizar una clasificación urbana con base en el riesgo geomorfológico en zonas de montaña es de mucha importancia y utilidad para ser replicada a nivel mundial, siempre deberá estar contenida y soportada con fundamentos teóricos y prácticos, así como de un análisis técnico preciso y real.

La clasificación del riesgo es ideal para realizar planes de ubicación y reubicación en zonas urbanas con base en la población existente, siempre respetando las costumbres de la misma ya sea de origen rural o urbano; utilizando mecanismos de reubicación consensuada y nunca forzada, es por ello, que las zonas de riesgo alto deberán estar en constante vigilancia por parte de las autoridades, así como establecer mayor comunicación con los habitantes en caso de no poder generar mecanismos de reubicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que a continuación se explicará, dedica un nivel de detalle preciso a escala municipal en cuanto a la totalidad de Teziutlán. Es conveniente mencionar, que el estudio se enfocó en la Colonia La Aurora, debido a las afectaciones abismales que acontecieron en cuanto a pérdidas de vidas humanas y que de alguna manera deben evitarse a futuro en colonias o áreas aledañas.

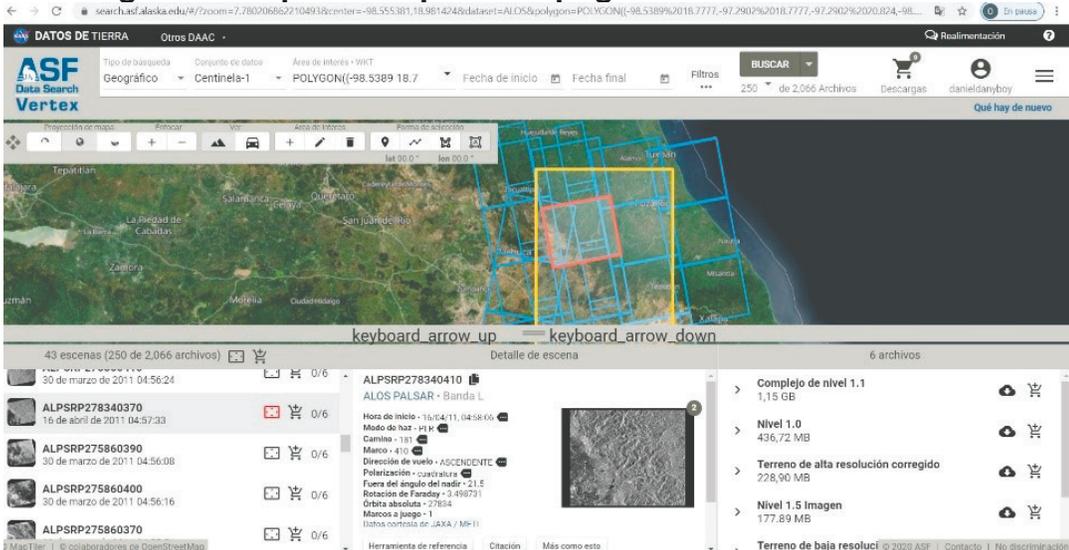
Antes de generar el modelo geomorfológico, se visitó previamente la zona para observar la problemática acontecida, complementándolo con la teoría para posteriormente, plasmarlo en un modelo y llevarse a cabo primeramente en el Municipio de Teziutlán y posiblemente adecuarlo en otras zonas de México y a nivel mundial con base en las características geográficas existentes.

Es importante precisar que, dicho modelo debe seguir una metodología explicada, para ser utilizado ante problemáticas acontecidas por procesos gravitacionales, comúnmente conocidos como deslizamientos de tierra.

Para la realización de dicho modelo se utilizaron datos de rangos de pendiente, marginación, uso de suelo, degradación del suelo y precipitación; categorizándolos en niveles: Muy Bajo 1, Bajo 2, Medio 3, Alto 4 y Muy Alto 5, para su posterior análisis en conjunto, información que se detallará a lo largo de la metodología.

Primeramente, se descargó gratuitamente información geomorfológica de la página oficial de La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, 2020) (Figura 5), la cual, sirvió para conocer las diferentes alturas en cuanto a la topografía del Estado de Puebla y con base en ello, se generó el mapa de pendientes del Municipio de Teziutlán con una resolución de pixel de 12.5 metros en campo.

Figura 5. Captura de pantalla página electrónica de NASA

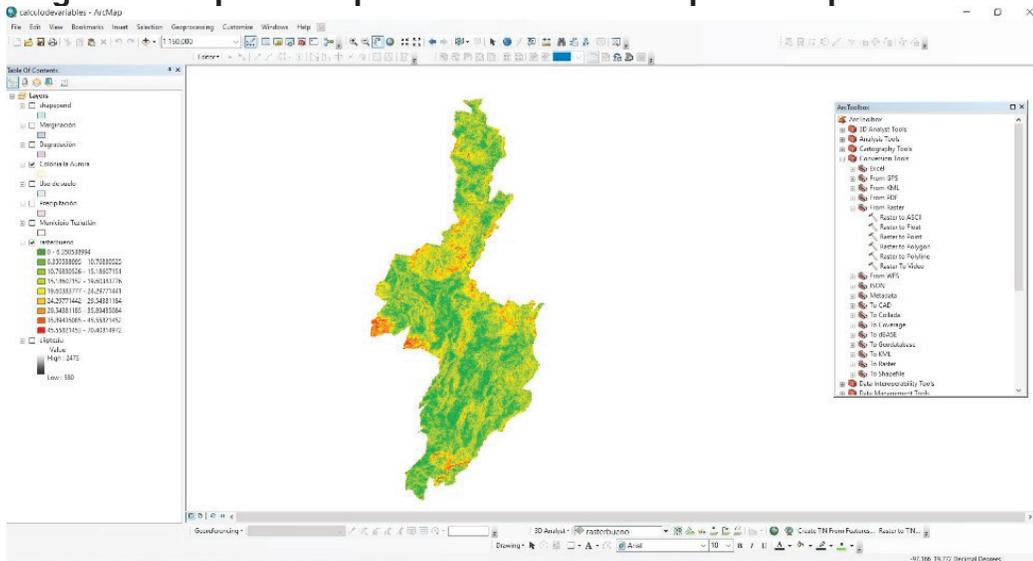


Fuente: (NASA, 2020)

Es importante mencionar que, los datos son obtenidos del Satélite Alos Palsar, el cual, tiene información actualizada y de calidad a diferencia de otros satélites contenidos en la misma página electrónica.

Una vez obtenida la cartografía y realizando el corte de la misma a la región del Municipio de Teziutlán, se obtiene la pendiente en grados utilizando el software ArcGis en la opción Slope; obteniendo rangos de la totalidad de Municipio de Teziutlán y en específico de la Colonia La Aurora, información que otorga el SIG con base en la geomorfología de la imagen Raster (Figura 6).

Figura 6. Captura de pantalla SIG ArcGis Opción Slope resultado



Fuente: Elaboración propia

El archivo Raster de pendientes en grados deberá reclasificarse para obtener los rangos de riesgo Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto, con base en los parámetros obtenidos de un artículo especializado en geotecnia (Suárez, 2013), el cual, muestra la categorización con base en un estudio geotécnico en regiones de Colombia (Tabla 1).

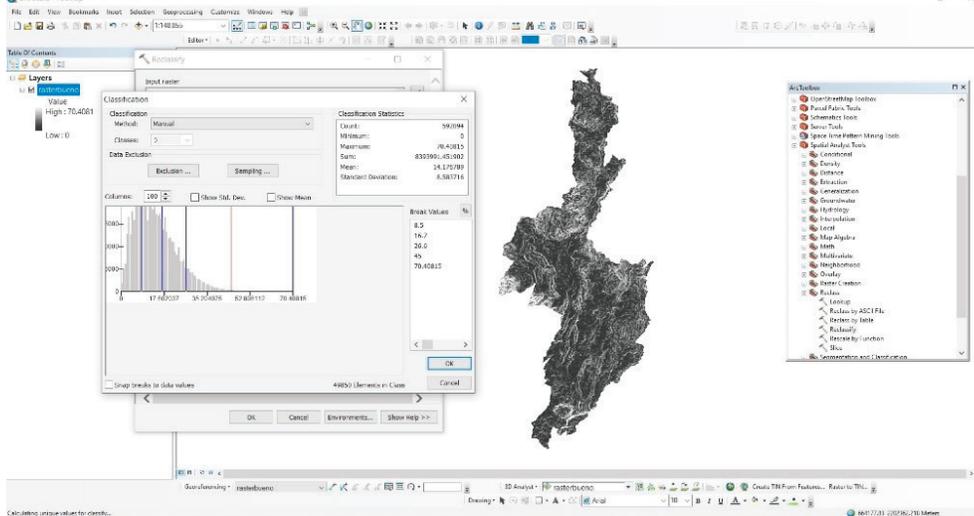
Tabla 1. Clasificación de rangos de pendiente con base en el ángulo de inclinación.

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)
Muy Baja	0 a 5% (0 a 8.5 grados)
Baja	15 a 30% (8.5 a 16.7 grados)
Mediana	30 a 50% (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 45 grados)
Muy alta	Más de 100% (más de 45 grados)

Fuente: (Suárez, 2013, p. 536)

Con base en lo anterior, dichos parámetros deberán ser establecidos y obtenidos con la herramienta Classification (Figura 7), para la obtención del nuevo archivo Raster, el cual posteriormente será un indicador a utilizar para la generación del mapa final.

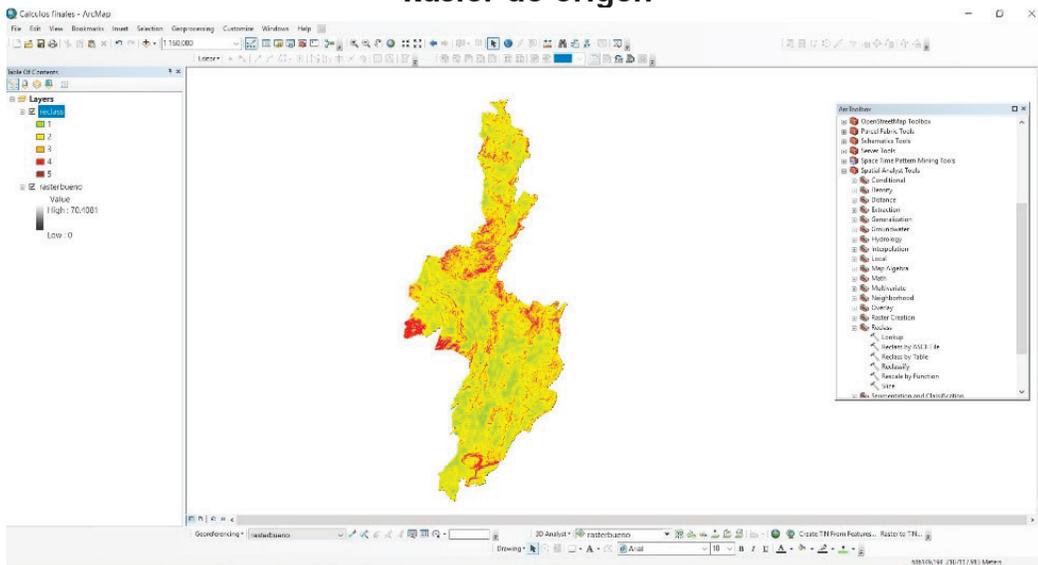
Figura 7. Obtención de rangos herramienta Classification SIG ArcGis



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el Raster reclasificado, deberá observarse y diferenciarse del antiguo Raster para revisar que la reclasificación sea adecuada; con base en los parámetros utilizados (Figura 8). Es importante precisar que, podrán utilizarse diversos indicadores de estudios geotécnicos del país donde se realice el estudio, siempre verificando que sea información supervisada, profesional y arbitrada por especialistas.

Figura 8. Resultado de la Reclasificación y diferenciación con el Raster de origen



Fuente: Elaboración propia

Para los rangos de marginación se utilizó información descargada de la página electrónica oficial del CONAPO, del año 2015 (Tabla 2). La información será de utilidad al observar y analizar el grado de recuperación, limitantes económicas y sociales de la posible población afectada, para constatar dicha información, se observa la tabla de atributos de la capa o shape descargado.

Tabla 2. Clasificación de rangos con base en marginación según CONAPO

Muy Bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la Degradación del suelo, se utilizó la categorización de la información descargada de la página oficial de la CONABIO del año 2004, elementos que permitieron observar el desgaste del suelo con base en su tipo (Tabla 3), para constatar la veracidad de dicha información consultar la tabla de atributos en el apartado Grado de la capa descargada.

Tabla 3. Clasificación de rangos con base en degradación del suelo según CONABIO

Ligero	1
Moderado	2
Fuerte	3
Extremo	4

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la variable de precipitación, esta fue adquirida gratuitamente de la página oficial de la CONABIO del año 2008, variable que nos permitió tomar en cuenta la precipitación; la cual, es un indicador que intensifica los procesos gravitacionales debido al reblandecimiento de tierra por la hidratación del agua.

El campo de dominio en la tabla de atributos de la capa descargada muestra el código identificador numérico del rango de precipitación anual original que presenta CONABIO; el cual, va desde los 50 milímetros hasta los 4,500 milímetros, dando un rango establecido por dicha institución del 1 al 18.

Por lo anterior, se reclasificaron los datos sin alterar los mismos para fines prácticos de entendimiento y representación visual, los cuales, se reclasificaron en cinco rangos (Tabla 4).

Tabla 4. Reclasificación de rangos con base en precipitación total anual

Muy Bajo	1	De 50 a 300 milímetros
Bajo	2	De 300 a 1,000 milímetros
Medio	3	De 1,000 a 1,800 milímetros
Alto	4	De 1,800 a 3,500 milímetros
Muy Alto	5	De 3,500 a 4,500 milímetros

Fuente: Elaboración propia

La última variable utilizada es el rango del uso de suelo, obtenido gratuitamente de la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del año 2017, se eligió el campo Desveg contenido en la tabla de atributos de la capa descargada (Tabla 5); ya que dicho apartado significa etapa sucesional de la vegetación (INEGI, 2015).

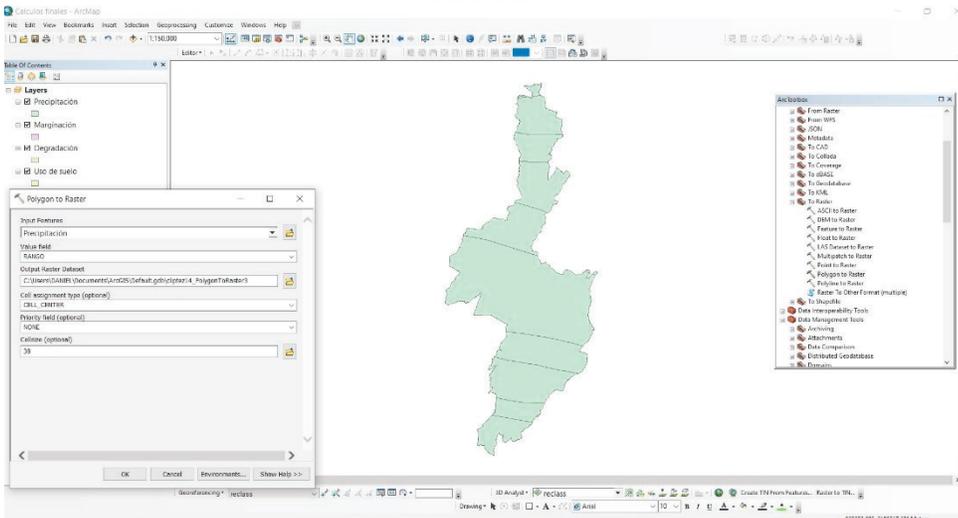
Tabla 5. Clasificación de rangos con en el uso de suelo según INEGI

No aplicable	1
Primario	2
Secundario	3
No disponible	1

Fuente: Elaboración propia

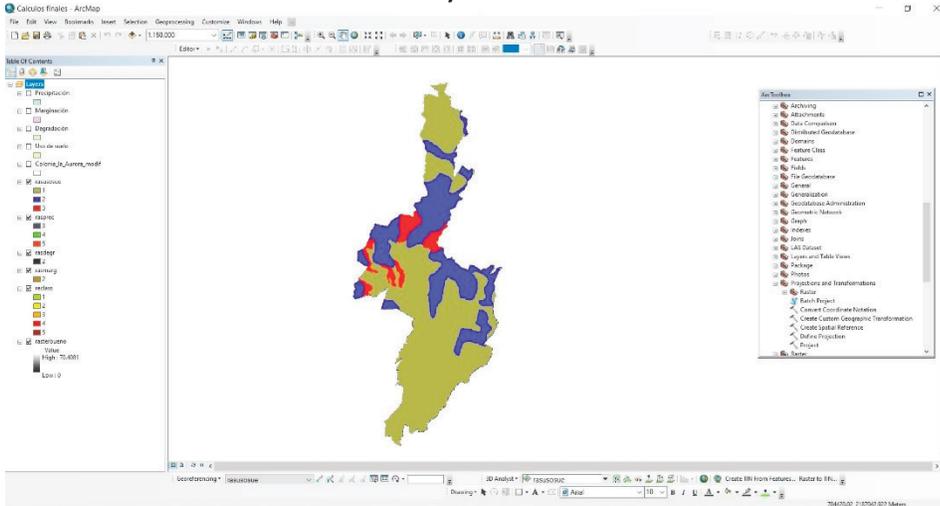
Al tener la información vectorial descargada y depurada, deberá convertirse a formato Raster con el valor asignado de la columna rango (Figura 9 y 10), dicho categoría, se obtendrá de los datos otorgados por las diferentes Instituciones Gubernamentales en México y artículos antes mencionados; para posteriormente realizar el empalme de la información final.

Figura 9. Captura de pantalla conversión de Shape a Raster, SIG ArcGis



Fuente: Elaboración propia

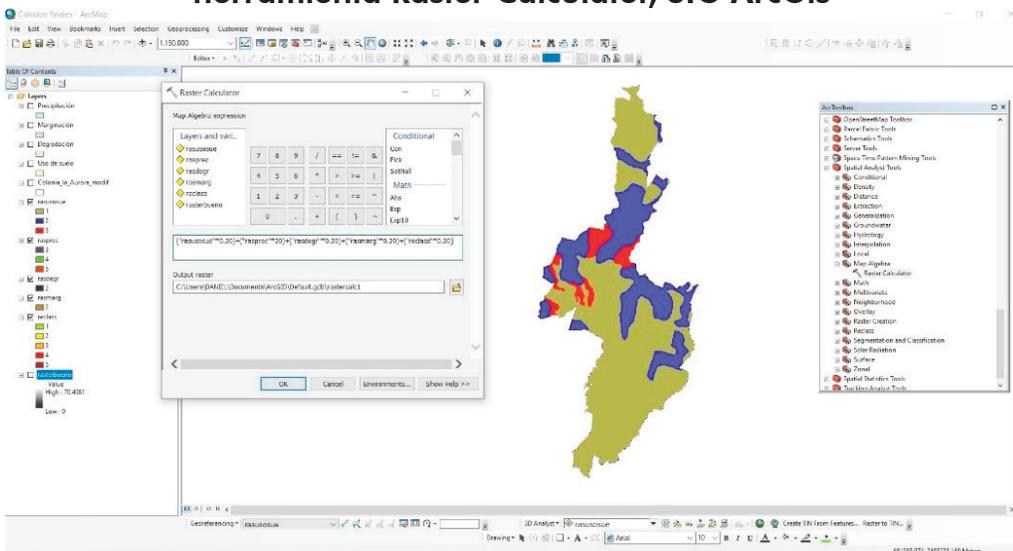
Figura 10. Captura de pantalla resultado de la conversión de Shape a Raster, SIG ArcGis



Fuente: Elaboración propia

Una vez convertidos a Raster, todos los vectores con sus respectivos rangos, se realizó el cruce de cada una de las variables a utilizar con la herramienta Raster Calculator (Figura 11).

Figura 11. Captura de pantalla cálculo del mapa final con la herramienta Raster Calculator, SIG ArcGis



Fuente: Elaboración propia

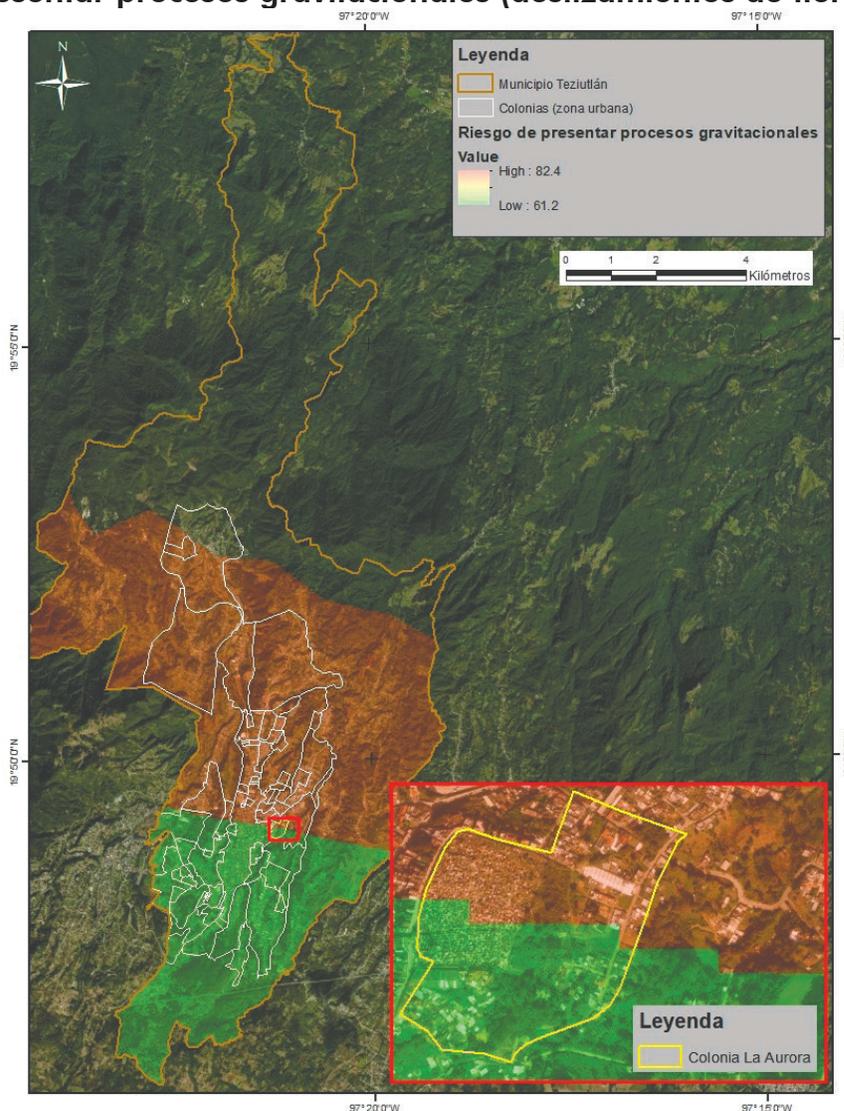
Es importante establecer el carácter de importancia de cada información expresada en porcentaje, según la interpretación particular de cada uno de los autores, en cuanto a la jerarquía porcentual de las variables.

RESULTADOS: MANEJO DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO

Para el resultado final del mapa, se recomienda establecer un porcentaje mayor a las características más significativas con base en las especificidades estudiadas y analizadas directamente en territorio. En el caso del presente artículo se otorgaron los mismos porcentajes a cada Raster; estableciendo un 20% para cada uno de los cinco parámetros, completando el 100% del mapa resultante.

La obtención de información cartografiada real, se encuentra contenida en los rangos desde el más bajo hasta el más alto; dichos datos podrán generar y establecer mecanismos para la gestión social real del riesgo urbano y rural (Figura 12).

Figura 12. Resultado Municipio Teziutlán Puebla y riesgo de presentar procesos gravitacionales (deslizamientos de tierra)



Fuente: Elaboración propia

Con base en el mapa anterior, las consecuencias y afectaciones derivadas de procesos gravitacionales pueden ser evitadas en menor o mayor medida, por ello, debe de analizarse y ejecutarse la coordinación entre autoridades y población posiblemente afectada con base en una gestión social del riesgo; adecuada y correctamente fundamentada en zonas de laderas vulnerables a procesos gravitacionales.

Diversos fenómenos geomorfológicos han sido mortales para áreas y sectores de la población, causando grandes y graves afectaciones mencionadas a lo largo del presente artículo, lo cual, podrá ser evitado y/o disminuido de manera gradual con base en el estudio técnico profesional basado en datos cualitativos y cuantitativos.

El análisis mostrado podrá ser un parteaguas para ser replicado a nivel mundial, primeramente explicado por investigadores y especialistas del tema a las distintas autoridades gubernamentales mexicanas en cualquiera de sus tres niveles de gobierno; para posteriormente dichas autoridades expliquen a la población el riesgo inminente en el que se encuentran viviendo.

No existe pretexto alguno para olvidar o ser indiferente con la población afectada en el año de 1999, debe atenderse de manera urgente a dicha población estableciendo mecanismos de gestión social del riesgo.

Actualmente el gobierno mexicano cuenta con algún porcentaje de eficacia ante diversos acontecimientos naturales medianamente aceptable con base en entrevistas a los habitantes; mencionando que la autoridad establece mecanismos y planes otorgados por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) implementando el plan DN-II-E.

Por otra parte, el Estado de Puebla cuenta con el Sistema Estatal de Protección Civil, así como la reparación de daños gestionados por Protección Civil a nivel Federal, los cuales, son organismos que atienden y coordinan medidas de recuperación una vez ocurrido el desastre de la manera más temprana posible para evitar posibles decesos y afectaciones posteriores, sin embargo, carecen de mecanismos de prevención en gran medida.

No se debe establecer la solución una vez acontecido el hecho geomorfológico en cuanto al impacto y devastación para poder actuar; se conocen antecedentes, existieron decesos, existe riesgo, existen afectaciones en dichas zonas del Estado de Puebla, es momento de actuar y establecer contacto con la población, con la finalidad de coordinar medidas reales de gestión social del riesgo y no solo medidas de recuperación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, J., Vivas, O., Herrera, A. & Jiménez M. (2016). Gestión del riesgo de desastres en el caribe colombiano desde la óptica de organismos de socorro y administraciones locales: el caso del sur de atlántico. *Revista Luna Azul*, (42), 70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3217/321744162019>
- CONABIO. (2004). Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/degra250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- CONABIO. (2008). Precipitación total anual. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/isoyt1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- CONAPO. (2010). Mapas de marginación urbana de las zonas metropolitanas y ciudades de 100 mil o más habitantes, 2010. 141. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_marginacion/marginacion_urbana/AnexoA/Documento/04A_AGEB.pdf
- CONAPO. (2015). Marginación por Entidad Federativa. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>
- Coupé, F. (2011). La gestión del riesgo en el Valle de Aburrá. una larga historia. *Revista Gestión y Ambiente*, 14(2), 17-44. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25469>
- El sol de Puebla. (2019). Los muertos sepultaron a los vivos; La Aurora a 20 años de la tragedia en Teziutlán. Puebla México. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/los-muertos-sepultaron-a-los-vivos-la-aurora-a-20-anos-de-la-tragedia-en-teziutlan-puebla-deslave-derrumbe-avalancha-de-lodo-4269291.html>
- Flores, L. & Alcántara I. (2002). Cartografía morfogenética e identificación de procesos de ladera en Teziutlán, Puebla. *Investigaciones Geográficas*, (49), 7. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/30442>
- INEGI. (2015). Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación, p. 16. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825092030.pdf
- INEGI. (2017). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. Conjunto Nacional. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/default.html#Descargas>
- Legorreta, P. & Lugo, J. (2014). Zonación de peligros por procesos gravitacionales en el flanco suroccidental del volcán Pico de Orizaba, México. *Investigaciones geográficas*, (84), 20-31: 27. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/37004>
- NASA. (2020). Datos de Tierra. <https://search.asf.alaska.edu/#/>
- Quesada, R. & Barrantes, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar

- áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones Geográficas*, 0 (94): 2. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.57318>
- Sandu, B., Sorin, A. & Alina, V. (2009). La influencia del clima en los procesos gravitacionales dentro del valle del río Jiu: aplicaciones SIG. *Centavo. EUR. J. Geosci.* 1, 303–311.: <https://doi.org/10.2478/v10085-009-0025-4>
- Suárez, J. (2013). Deslizamientos, Tomo I: Análisis Geotécnico. *Geo tecnología* capítulo 13, 536. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
- Urquieta, P. (2014). Los desafíos de las ciudades vulnerables. Construcción de ciudad y construcción del riesgo en La Paz y El Alto. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 43 (3), 445-462. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=126/12637145004>
- Van Westen, C., Kappes, M., Luna, B., Frigerio, S., Glade, T. & Malet, J. (2014). Evaluación de riesgos de riesgos múltiples a mediana escala de procesos gravitacionales. En: Van Asch T., Corominas J., Greiving S., Malet JP, Sterlacchini S. (eds) *Riesgos de montaña: de la predicción a la gestión y la gobernanza. Avances en la investigación de riesgos naturales y tecnológicos*, vol. 34. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6769-0_7
- Wichmann, V. (2017). El modelo de ruta de proceso gravitacional (GPP) (v1.0): un marco de simulación basado en SIG para procesos gravitacionales, *Geosci. Model Dev.*, 10, 3309–3327, <https://doi.org/10.5194/gmd-10-3309-2017>