

Inestabilidad de laderas y metodología para la reparación del daño y concientización, Santo Tomás Chautla, Puebla, México.

Slope instability and methodology for damage repair and awareness, Santo Tomás Chautla, Puebla, Mexico.

Oscar Daniel Rivera González¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. E-mail: oscardanieldanyboy@hotmail.com

ISSN: 2661-6998

Fecha de recepción: 22-10-2022

Fecha de aceptación: 08-04-2022

Resumen. La inestabilidad de laderas causa afectaciones en diversas zonas de México, ocasionando decesos en la población debido a la magnitud de este tipo de eventos geomorfológicos en áreas en su mayoría no aptas para la construcción, intensificando lo anterior con el grado de marginación existente en la población.

En Santo Tomás Chautla, Puebla, ocurrió un deslizamiento que generó la muerte de siete personas, por ello, urge establecer mecanismos de gestión y concientización de la población a fin de aminorar o evitar el riesgo.

El resultado de la investigación otorga una metodología utilizando algebra de mapas sobre las principales zonas vulnerables ante inestabilidad de laderas con base en la pendiente, degradación, humedad y marginación.

La conclusión del estudio realizado originará reflexión del riesgo por parte de autoridades a la población, para una posible reubicación, siempre con respeto a normativas y nunca imponiendo reglamentos.

Palabras clave: Decesos, inestabilidad, marginación, reubicación, riesgo.

Abstract. The instability of hillsides, commonly known as landslides, causes damage in various areas of Mexico, causing deaths among the population due to the magnitude of the geomorphological event, most of the areas are unsuitable for construction, and this is intensified

by the degree of marginalization of the population.

In Santo Tomás Chautla, Puebla, a landslide occurred, causing the death of seven people, thus, the urgency of establishing management and awareness mechanisms with the population in order to reduce the risk.

The result of the research provides a map algebra methodology on the main areas vulnerable to slope instability based on slope, degradation, humidity and marginalization.

Concluding with reflection of the risk by authorities to the population, for a possible relocation, always with respect to regulations and never imposing regulations.

Keywords: Deaths, instability, marginalization, relocation, risk.

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad de laderas, es comprendida como el desprendimiento de material parcial o total, el cual, puede afectar algún lugar construido en cierta ladera de montaña [1].

Las afectaciones resultan según el volumen de tierra y área del lugar donde ocurrió el hecho, incentivado en la mayoría de las ocasiones por la precipitación, degradación y pendiente, lo cuáles, al ser efectos antrópicos generan daños en alguna proporción en los

hogares establecidos [1], puntualizando que el grado de recuperación es vital, para que los habitantes afectados puedan rescatar algún porcentaje de su patrimonio en algún tiempo determinado.

La población marginada económicamente, distribuida en diversas partes del Estado de Puebla, construye en zonas con características no habitables, aunque esto genere un riesgo latente con el cual deberán aprender a vivir constantemente. Se debe puntualizar que dichas construcciones son permitidas por los gobiernos Estatal y Municipal, los cuales, según entrevistas con habitantes, tienen algún grado de responsabilidad en caso de presentarse afectaciones y decesos en la población al, presentándose inestabilidad de laderas en algunas partes del Estado de Puebla.

El origen del término riesgo se relaciona resecar o cortar, por lo cual, los riesgos implican un mayor grado de controversia científica que los peligros, respecto de sus causas como de sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia [2].

Por lo anterior, el presente estudio se centra en generar concientización en la población, debido al grado de afectación que podría generar un riesgo derivado de las consecuencias que ocasionaría un deslizamiento, generando inclusive decesos en la población.

Cortes o excavaciones producidas de manera antrópica, constituyen unas de las actividades más frecuentes que desencadenan inestabilidad en laderas, estos deberían ser realizados con base en estudios geotécnicos ejecutados solo por especialistas, como los son: ingenieros civiles y geólogos, esta actividad debe ser monitoreada antes y después de realizar dichos trabajos. Es importante precisar que en caso de no estabilizar adecuadamente se pueden originar agrietamientos, colapsos, deformaciones, hundimientos, desequilibrio de masas, entre otros, desencadenando inestabilidad de laderas [3].

Es imprescindible generar mecanismos de amortiguamiento del riesgo en cuanto a inestabilidad de laderas. La decisión por parte de las autoridades gubernamentales deberá estar ejecutada según estudios minuciosos e interdisciplinarios, trabajo e investigación donde deberán estar inmersas ciencias como la ingeniería, geografía, geología, geomorfología, geofísica, hidrografía, urbanismo, entre otras, para con ello, tomar decisiones de desarrollo sustentable y gestión de ordenamiento territorial

Enfocándonos en el Municipio de Puebla (Fig. 1), el cual, se encuentra al Oeste del Estado de Puebla, se observan algunas zonas con características topográficas de pendientes muy abruptas e irregulares, las cuales, no son ideales

para generar zonas habitables, ya sean urbanas o rurales. Existen zonas donde la pendiente no es tan pronunciada y las características geográficas no son tan riesgosas para la habitabilidad, mismas que podrían ser una solución generando prevención.

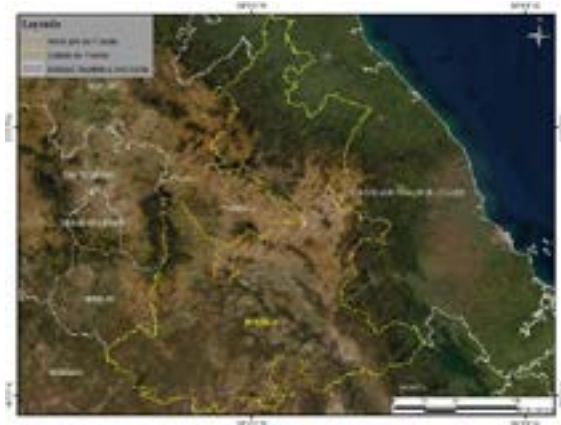


Figura 1. Municipio de Puebla, Estado de Puebla.
Fuente: elaboración propia.

Santo Tomas Chautla, vivió un acontecimiento geomorfológico catastrófico que ha marcado hasta la fecha a la mayoría de los habitantes de la comunidad del Municipio de Puebla (Fig. 2), el reblandecimiento de tierra causó decesos y destrucción en un hogar en particular ubicado en una pendiente demasiado pronunciada y con base en la geomorfología irregular, aconteció tal afectación.



Figura 2. Municipio de Puebla, Colonia Santo Tomas Chautla y área urbana.
Fuente: elaboración propia.

“La tragedia ocurrió cerca de las 21:00 horas de este miércoles y según uno de los familiares de las víctimas, quien se identificó como Gonzalo Rodríguez, en la humilde vivienda de apenas 3x4 metros cuadrados, se encontraban al menos 11 personas que horas antes se habían reunido a comer como parte de la celebración.

El Estado de Puebla dio a conocer, en un comunicado de prensa que ubicaron siete cadáveres y al menos otras cinco personas heridas. [4].

Con base en el hecho anterior, es urgente generar planes de acción para mitigar o evitar el riesgo, estableciendo mecanismos de coordinación y respuesta inmediata entre autoridades gubernamentales y pobladores.

Por ello, la importancia de generación cartográfica detallada, misma que sea útil y con apoyo de visitas a campo, pueda generarse disminución o posiblemente desaparición del riesgo en el cual viven los pobladores de Santo Tomas Chautla y municipios circundantes.

MARCO TEÓRICO

La explicación y estudio del estado del arte es fundamental para generar medidas de atención y reparación del daño ante acontecimientos geomorfológicos. Es importante entender en conjunto las diversas problemáticas que generan afectaciones originadas por tales acontecimientos. El estudio y comprensión de diversos especialistas sobre afectaciones de inestabilidad de laderas con apoyo de softwares tecnológicos, llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG), es de vital importancia; generando mapeo específico de zonas y posible implementación de reestructuración urbana e instauración de política pública, dirigida a la gestión social del riesgo urbano.

El fenómeno de inestabilidad de laderas es un problema común que representa una amenaza y riesgo potencial para las comunidades que habitan en diversas zonas, tiene un impacto directo en actividades económicas, vivienda, transporte, comunicación, servicios urbanos, entre otros, por lo cual, muy probablemente la reparación del daño será de manera pausada, lo que traerá consecuencias inmediatas [5]

La inestabilidad de laderas, es incentivada en la mayoría de las ocasiones por cuestiones antrópicas, por lo que el riesgo es el último paso para evacuar a poblaciones que

cuentan con características geomorfológicas adversas y posiblemente destructivas para sus viviendas.

El análisis de riesgo de inestabilidad de laderas es visualizado como un proceso complejo y lleno de incertidumbres, el objetivo del presente artículo es la creación de un mapa o modelo que muestre las áreas sujetas a mayores riesgos, de tal manera, que se puedan tomar acciones pertinentes de protección antes de que suceda una catástrofe [6].

Actualmente, es imposible predecir el comportamiento de inestabilidad de alguna ladera, en cuanto a tiempo y momento a presentarse, sin embargo, se pueden generar modelos de reducción de riesgo con base en métodos cuantitativos según la geomorfología, topografía, edafología, geología, hidrografía, entre otros factores, para ser utilizado y prevenir a la población, evitando posibles afectaciones económicas, políticas y sociales.

Autores de distintas disciplinas, ciencias sociales y/o ciencias exactas, estudian en los últimos años la manera de acercarse a una predicción; por ello, la importancia de la multidisciplinariedad para ser más certeros en zonas ubicadas como potencialmente riesgosas, las cuales, podrán situarse o clasificarse con riesgo alto, medio y bajo. Con base en lo anterior, deberá concientizarse a los pobladores que habitan zonas con vulnerabilidad alta y generar medidas de gestión social del riesgo.

En México y América Latina, se han realizado varios trabajos con softwares geoinformáticos para evaluar inestabilidad de laderas, por lo anterior, deben ser reforzados con aspectos que integren la pendiente del terreno, degradación del suelo, regímenes de humedad y marginación, con el fin de establecer nuevas metodologías para reparación del daño [7].

En los últimos diez años, se manejan diversas técnicas en cuanto al entendimiento de inestabilidad de laderas y posibles afectaciones, la tecnología de los SIG es aún muy diversa y debe ser trabajada de manera conjunta por diferentes ciencias para una mayor interpretación de datos; sin embargo, muchos trabajos abordan solo imágenes satelitales, rásteres y fotointerpretación, lo cual, deberá ser reforzado siempre con trabajo de campo; la empírica hoy en día no se puede evitar y mucho menos suplir.

Las capacidades de los SIG, han hecho posible el empleo de modelos físicos del terreno, para conocer la susceptibilidad de estabilidad de laderas, dichos modelos deben incorporar información hídrica que influye totalmente en algún deslizamiento [8].

La capacidad actual de los SIG es casi infinita en cuanto a datos trabajados en estudios directamente en campo, debido a que se puede

manipular y trabajar información espacial y de atributos con base en el nivel de escala, así mismo, saber la precisión y confiabilidad de la información obtenida, por ejemplo, en el presente artículo, el detalle de pixel de imagen ráster es de 12.5 metros directamente en campo según el trabajo de campo realizado en el presente artículo; parte que permite ofrecer resultados confiables en cuanto a implementación de mecanismos con base en el riesgo urbano.

La litología, forma del relieve, inclinación y orientación, deben tomarse en cuenta para ser precisos en alguna planeación urbana. Técnicamente el Modelo de Elevación Digital (MDE) se obtiene al interpolar las curvas de nivel de la zona estudiada, con lo cual, se podrán generar mapeos de gestión. [9].

La digitalización de la información geográfica real, es de mucha importancia para el cálculo de cada una de las variables que serán procesadas, darán resultado final con base en la unión y cruce de dicha información, es de bastante apoyo la obtención de imágenes ráster y con ello la preparación de las pendientes de la zona a estudiar, sin embargo; para realizar un estudio más profundo y certero de la problemática y saber con mayor detenimiento el grado de afectación, es recomendable la utilización de diferentes variables que aporten mayor información y otorgar un resultado más cercano a la realidad.

Como ejemplo de la utilización de variables en este artículo, será la degradación, marginación, humedad y pendiente, indicadores a los que se les deberá indicar un porcentaje con base en la importancia de cada uno.

La problemática de algún desastre geomorfológico, está intrínsecamente relacionada con factores antrópicos relacionados con el crecimiento urbano según el aumento de población. Precizando que, en los países de América Latina, las altas concentraciones urbanas se ven perjudicadas por desastres generados por la sociedad, proliferado más en sectores donde el nivel de marginación es alto [10].

El área urbana, es la que mayor porcentaje tiene de afectación después de un deslizamiento de tierra, en dichas zonas viven y se establecen por muchos años personas dentro de la ilegalidad, inclusive en la actualidad, incrementando el número de niveles en construcciones, aumentando el riesgo de acontecimientos geomorfológicos. De no haberse permitido construcciones en zonas no aptas para la vivienda, se hubieran evitado riesgos que en la actualidad existen, ejemplificando a la comunidad Santo Tomas Chautla.

En el municipio de Puebla, las zonas de riesgo por inundación se han creado e incrementado por la acción de construcciones realizadas por habitantes, de manera general se pueden resumir en los siguientes componentes.

“Factores que contribuyen a la construcción social de la vulnerabilidad.

1. Falta de políticas públicas que planifiquen el territorio y uso de suelo, con efectividad y enfoque de reducción de desastre (RRD).
2. Inexistencia de controles sobre el uso de la tierra, permisos de construcción, falta de inspecciones adecuadas.
3. Motivación para enfrentar la reducción de la vulnerabilidad relegada frente a los problemas permanentes de la vida diaria (salud, vivienda, empleo, educación, alimentación, vestir etcétera).
4. Acceso al suelo urbano seguro, como obstáculo para garantizar el bienestar de los hogares en situación de pobreza, generado por un incremento de su precio, por encima del aumento global del costo de la vida” [11].

Con base en lo anterior, la culpabilidad de políticas públicas ejecutadas inadecuadamente en diversas problemáticas que acontecen, es real y preocupante; inclusive en años pasados, el crecimiento urbano en el Estado de Puebla, no estableció respeto a dichas políticas públicas, en cuanto a normas, artículos, estatutos, leyes y demás existentes, un ejemplo es el artículo 27 constitucional mencionando dentro de sus objetivos: lograr el desarrollo equilibrado del país según el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. [12].

El objetivo del artículo 27 es muy ambicioso en su implantación general, sin embargo, la articulación entre el aparato Federal, que es el que impulsó a dicho artículo con el aparato Estatal y Municipal, no ha sido adecuado ni coordinado con eficacia según los resultados del urbanismo actual.

Es importante señalar, que los partidos políticos en ocasiones crean barreras entre los tres niveles de Gobierno mencionados, la disputa es inentendible solo por no tener los mismos ideales, en caso de gobernar diferente partido político el nivel Federal y Estatal, creará un ambiente de superioridad o de sometimiento sobre las autoridades del partido político adverso, dependiendo del nivel jerárquico, lo cual, origina más problemáticas que soluciones.

Los procesos de reubicación y restablecimiento urbano, es un trabajo aun no tan

elaborado en México, la persona en situación de desplazamiento no es simplemente aquella que llega y trastorna el orden urbano, también es importante saber su historia de vida según el grado de marginación, el cual, la mayoría de las ocasiones genera la modificación de áreas no consolidadas para la construcción [13].

Los desplazamientos forzados no deben ser el camino a la solución, cada persona y familia tiene una historia de vida, la cual, los orilla a tomar la decisión de establecerse en zonas con características geomorfológicas riesgosas; la autoridad gubernamental, deberá trabajar para concientizar a las personas que viven en riesgo latente.

Una posible solución a lo anterior, será entrevistar a cada una de las personas y saber la situación en la que se encuentra, para poder generar medidas convincentes, no tratar de implementar operaciones forzadas y de expulsión ya que solo creará problemáticas de poder, inclusive en la actualidad, según trabajo de campo, algunos pobladores se encuentran organizados entre vecinos y asociaciones, preparados para enfrentar a las autoridades y defender su patrimonio, sin importar las consecuencias de dicha defensa.

Una vez obtenido el mapa final del presente artículo, podrá ser utilizado en alguna región del Estado de Puebla, la importancia de la explicación a detalle sobre el peligro que conlleva establecerse en ese lugar a los pobladores, es imprescindible. Es importante generar medidas de apoyo por parte del gobierno del Estado de Puebla en cuanto a reubicación consensuada, ya que, de alguna manera, el Gobierno Estatal y Federal permitieron la construcción en zonas no aptas para el urbanismo, generando riesgo latente.

Las reubicaciones por desastres, desplazan a pobladores de sus lugares de origen, por encontrarse expuestos a ciertas amenazas, que hasta cierto punto no pueden ser controladas, las personas podrían ser relocalizadas en sitios donde existe un riesgo menor o nulo, analizando en todo momento, las amenazas antrópicas y evaluación de vulnerabilidades incrementadas por diversas circunstancias [14].

La multidisciplinariedad y transdisciplinariedad es de suma importancia, un ejemplo de ello es la arquitectura e ingeniería civil, disciplinas que a lo largo de los años han aportado grandes conocimientos en cuanto a construcciones y edificaciones resistentes, con base en cálculos matemáticos, mecánica, hidráulica y física, para encargarse del diseño de construcciones y mantenimiento de las infraestructuras emplazadas en algún entorno, incluyendo carreteras, puentes, presas, aeropuertos, entre diversas construcciones

Sin embargo, otras ciencias y disciplinas como lo son: la geología, geomorfología, edafología, hidrografía, geofísica, entre otras, estudian diversos rasgos geográficos que en su gran mayoría se encuentran inmersos construcciones realizadas por ingenieros y arquitectos, de ahí la importancia de la multidisciplinariedad.

Políticas de regulación de uso y edificación del suelo urbano, son primordiales para la configuración de las ciudades, por ejemplo, en Chile, la Política Nacional de Desarrollo Urbano en 2014, apela a una planificación integrada del mismo, que articule instrumentos normativos de gestión y de inversión; en México, se trabaja en algo similar, sin embargo, aun la aplicación no se observa de manera clara [15].

Lo anterior es de basta importancia para su posterior implementación, para ser aplicado con fundamentos teóricos y empíricos, así mismo, explicar a detalle a la población las posibles afectaciones a su patrimonio generaría reflexión, lo anterior, con base en reuniones periódicas con comités vecinales o de colonos de la comunidad Santo Tomas Chautla.

Se sostuvieron pláticas informales en el mes de junio del 2020, durante el trabajo de campo, con algunos de los habitantes de Santo Tomas Chautla. Tras lo acontecido, deseaban acercamiento con autoridades para generar reubicaciones consensuadas, debido al riesgo en el cual estaban inmersos; es importante mencionar, que también existe un gran número de habitantes que están en contra de cualquier reubicación, sin embargo, es crucial la intervención del gobierno de Puebla para concientizar y hacer reflexionar a los habitantes del peligro en el cual se encuentran inmersos.

Medios locales entrevistaron a un habitante posterior a lo ocurrido en Santo Tomas Chautla [16], reflejando negación de la ayuda Estatal debido a que entrega su futuro de vida a cuestiones divinas y a la firmeza del terreno; algo que, según el resultado del modelo con base en el desgaste según la degradación del suelo y los regímenes de humedad, se encuentra en un peligro inminente, por ello, en la urgencia de otorgar atención particular a cada una de las personas posiblemente reubicadas, siempre será de mayor aporte la concertación y coordinación por encima de la imposición.

METODOLOGÍA

La metodología planteada en el presente artículo, eligió cuatro variables, las cuales, con base en trabajo de campo, son las de mayor

relevancia para la elaboración del mapa final; generando acciones probablemente implementadas a futuro, en cuanto a georreferenciación de zonas con mayor vulnerabilidad ante inestabilidad de laderas y problemáticas posteriores.

Se eligieron aspectos como pendiente del terreno, degradación del suelo, regímenes de humedad y marginación por Área Geoestadística Básica (AGEB), los datos de las cuatro variables anteriores fueron obtenidos según información de instituciones Federales en México e instancias internacionales, por lo cual, dichos datos son de precisión y confiabilidad (Fig. 3).



Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología en general. Fuente: elaboración propia.

La primera variable utilizada es la pendiente, estableciéndole un porcentaje del 25 % de importancia, asignándole dicho porcentaje debido al número de variables utilizadas en el presente artículo. Información gratuita obtenida de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), debido al nivel de detalle de pixel de la imagen ráster [17], el cual, es de 12.5 metros en terreno con base en datos del satélite ALOS PALSAR; se recomienda al lector se descargue la información ráster de dicha página electrónica [17] ya que la mayoría de la cartografía a nivel mundial se encuentra disponible, en caso de utilizar otra plataforma deberá inspeccionarse el detalle de la misma, mínimo de 12.5 metros, de no ser así, el modelo y mapa final podría disminuir su nivel de efectividad.

La imagen ráster deberá ser trasladada a un SIG, el presente modelo utilizó el software ArcGis versión 10.3, obteniéndose rangos de pendiente en grados, empleando la herramienta *Slope* contenida en la caja de herramientas, en el caso del Municipio de Puebla muestra rangos de 2 a 75 grados.

Una vez obtenido el ráster de pendientes, se deberá realizar una reclasificación, por ello, se consultaron diversas fuentes en cuanto a estudios geotécnicos utilizando una clasificación supervisada y profesional de un análisis de una región en Colombia [18], la cual, tiene rasgos morfológicos y de alturas similares a la zona de estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de riesgo de inestabilidad de laderas con base en la pendiente¹.

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	Mas de 100 % (más de 45 grados)

Posteriormente, se utilizó la herramienta *Reclasify*, con base en los datos y rangos obtenidos del estudio geotécnico antes mencionado.

La segunda variable utilizada son los regímenes de humedad del suelo, estableciéndole un porcentaje del 25 % de relevancia, información obtenida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) [19], gratuita y descargada en formato *shape*.

Es importante mencionar que para el caso de México se cuenta con información de todo el territorio. Se recomienda al lector que, en caso de emplearse información en otro lugar del mundo, deberá ser otorgada por instituciones formalmente establecidas, mismas que generen datos confiables.

La información otorgada por la CONABIO, la clasifica originalmente en nueve rangos con base en el régimen de humedad, información que puede encontrarse en la tabla de atributos de la capa (Tabla 2).

¹ Datos complementarios. Se recomienda utilizar dicha clasificación, en caso de emplear alguna otra o la del país de origen del lugar estudiado, deberá ser una clasificación con estándares profesionales de calidad.

Tabla 2. Clasificación regímenes de humedad del suelo según CONABIO.

Descripción	Rango
Árido con 0 días de humedad	1
Árido con menos de 90 días de humedad	2
Xérico con 90 a 180 días de humedad	3
Ústico con 180 a 270 días de humedad	4
Údico con 270 a 330 días de humedad	5
Údico con 330 a 365 días de humedad	6
Ácuico con 365 días de humedad en valles intermontanos	7
Ácuico con 365 días de humedad en llanuras	8
Cuerpos de agua	9

Sin embargo, para cuestiones de interpretación, se reclasificaron dichos rangos para generar una adecuada visualización y entendimiento, siempre respetando el orden de los factores resultando cinco rangos en la nueva clasificación (Tabla 3).

Tabla 3. Reclasificación para mejor visualización e interpretación cartográfica.

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

La tercera variable a utilizar es la degradación del suelo estableciendo un 25 % de importancia, datos obtenidos de la página electrónica de la CONABIO [20], catalogada en cuatro rangos de degradación, información encontrada en la tabla de atributos en el apartado Grado (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación Degradación del suelo según CONABIO.

Degradación	Rango
Ligera	1
Moderado	2
Fuerte	3
Extremo	4

La última variable a utilizar es el grado de marginación urbana con 25 % de relevancia,

datos obtenidos del Consejo Nacional de Población (CONAPO) [21] descargados en formato *shape*, según dicha institución los cataloga en cinco rangos, observándose los datos en la tabla de atributos en el campo Grado de Marginación Urbana (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación Grado de marginación según CONAPO.

Grado de Marginación Urbana	Rango
Muy bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy Alto	5

Una vez visualizadas en el SIG las cuatro variables, deberán ser convertidos los tres vectoriales restantes a formato raster con la herramienta *Polygon to Raster*, esto para ejecutar la interpolación de la información contenida en dichos formatos y realizar los cálculos finales. Para una mayor comprensión, se muestra a continuación el diagrama de flujo del procesamiento total en el SIG del modelo.



Figura 4. Diagrama de flujo del procesamiento en el SIG ArcGis.

Fuente: elaboración propia.

Por último, se realizó el cálculo final con base algebra de mapas, identificando el cruce de los porcentajes de las variables según el trabajo teórico y de gabinete obtenido del SIG.

Así mismo, el trabajo y mapa final revelaron resultados que fueron comprobados directamente en campo según entrevistas con habitantes y visualización directa de la zona de estudio.

Para fines de entendimiento y aplicabilidad del presente artículo, se determinó el mismo porcentaje en cada una de las variables sumando 100 % para el resultado final; generando el rango de riesgo a presentar inestabilidad de laderas, visualizándolas según el color asignado (Fig. 5).

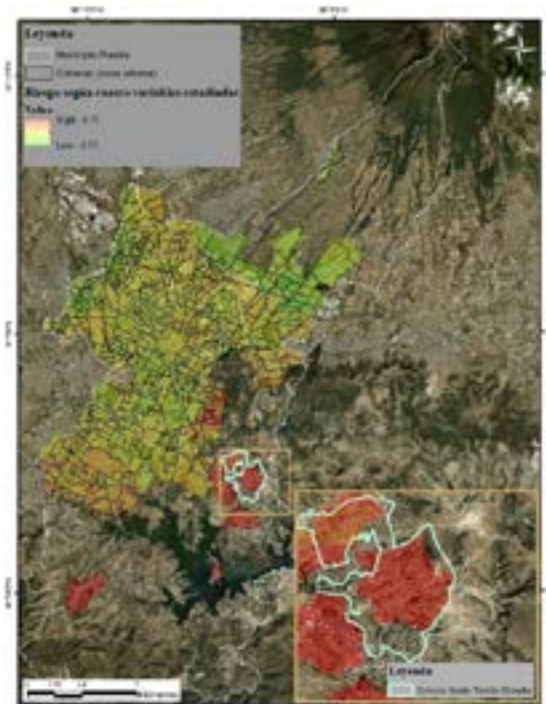


Figura 5. Mapa final de susceptibilidad a presentar inestabilidad de laderas con base en la pendiente, humedad del suelo, degradación y grado de marginación.
Fuente: elaboración propia.

El resultado del mapa final fue validado directamente en campo, realizando el análisis empírico de cada una de las cuatro variables estudiadas, encontrándose aproximaciones muy específicas en cuanto a la pendiente, degradación, humedad del suelo y marginación. Reafirmando la utilidad real que podría aportar la metodología elaborada y resultado final del mapa, lo anterior, dirigido a la susceptibilidad de presentar inestabilidad de laderas, con el objetivo de generar una posible reubicación de asentamientos, reestructuración o reparación del daño.

RESULTADOS

La parte central del Municipio de Puebla, es una zona con nivel Medio y Bajo de susceptibilidad con base en las cuatro variables analizadas, por ello, se deberán crear mecanismos de reubicación con los habitantes en otras partes de dicho Municipio, observando la totalidad de la cartografía resultante, la población con riesgo Alto se encuentra ubicada al Sureste, precisamente donde se encuentra el poblado Santo Tomas Chautla donde aconteció el deceso de los miembros de una familia.

Es prudente mencionar que mientras más variantes sean utilizadas en la metodología,

mayor será la precisión del resultado final. Con base en lo anterior y para fines prácticos solo se utilizaron variables en cuanto a pendiente, degradación del suelo, regímenes de humedad y marginación.

Es decisión de cada autor implementar solo datos cualitativos o cuantitativos para la realización de dicha metodología, sin embargo, la mezcla de cada una de las variables deberá ser precisa y relacionada.

En el caso de construcciones irregulares por parte de los pobladores, deberán detenerse de manera paulatina pero decidida, tener coordinación entre autoridades y población en el aspecto de generar gestión urbana en zonas con características geomorfológicas habitables en áreas en camino a la urbanización y crear reconfiguración territorial en zonas donde ya exista urbanismo.

Así mismo, la actual metodología al ser un trabajo meramente teórico y de gabinete en cuanto a los datos descargados, siempre deberá ser reforzado con análisis directamente en campo como se realizó en la presente investigación, los cuales pueden ser: toma de muestras de laboratorio, medición, fotointerpretación, entrevistas con habitantes, historias de vida, entre otras, para finalmente otorgar medidas de reubicación, con base en el consenso y concertación con pobladores que se encuentren en una zona con susceptibilidad inminente a inestabilidad de laderas, siempre siendo la primicia prevenir y no solo resarcir el daño, debido a la probable existencia de pérdida de vidas humanas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con base en los resultado obtenidos, se cumplió con la validación del estudio visitando la zona analizada, es prudente puntualizar que para su planteamiento real y aplicable, es recomendable que la autoridad Federal, Estatal y Municipal en México, establezcan mecanismos de identificación de riesgos naturales y antrópicos según datos cualitativos, cuantitativos y visitas de campo por especialistas en la materia, como lo son: geógrafos, geólogos, geomorfólogos, edafólogos, geofísicos, hidrólogos.

Lo anterior, con la finalidad, de establecer zonas puntuales con riesgo menor o nulo y ser potencialmente urbanizables; para que las zonas con alto índice de riesgo, sean desocupadas obligadamente y generar una menor vulnerabilidad e inclusive establecer mecanismos de protección ambiental una vez

deshabitadas dichas zonas, para evitar que en un futuro sean nuevamente urbanizadas.

Es importante mencionar, que existió un trabajo previo al acontecimiento geomorfológico en la localidad de Santo Tomas Chutla, el cual, no se tomó en cuenta previo al suceso, mismo que podría haber evitado el deceso de la familia afectada.

“Se pudo haber evitado la tragedia donde fallecieron siete personas sepultadas por un deslave en la comunidad Santo Tomás Chautla la semana pasada, así lo sentenció el observatorio ciudadano Igavim, al presentar el análisis ¿Planeación urbana sin riesgos? Una moda deficiente, en el que además advierte que hay 64 colonias tan solo en la capital de Puebla con riesgo por lluvias” [22].

Con base en lo anterior, es sorprendente que la autoridad no tomara en cuenta estudios previos que advertían del posible acontecimiento, tal vez el Instituto para la Gestión, Administración y Vinculación Municipal (IGAVIM), no sea una institución científica dedicada al estudio de inestabilidad de laderas y demás estudios geográficos, sin embargo, proporcionaba información importante, la cual, podía haber explicado hasta cierto punto el peligro en el cual se encontraba dicha comunidad y generar medidas de advertencia.

Por lo anterior, es imprescindible la multidisciplinariedad, transdisciplinariedad e interdisciplinariedad y tomar en cuenta estudios previos de asociaciones, empresas, institutos, escuelas, entre otras; lo anterior, para concluir o mejorar trabajos e investigaciones previas, acertando y aplicando metodologías con trabajo empírico en zonas vulnerables a inestabilidad de laderas.

La metodología plasmada en el presente artículo eligió cuatro indicadores reales aplicables y determinantes, las cuales, pueden llevarse a cabo al replicarse en otras zonas del Estado de Puebla, en diversos Estados de la República Mexicana e inclusive en otros lugares de América Latina y del mundo, que cuenten con características geográficas similares a la zona de estudio, evitando decesos de los habitantes.

Desde el punto de vista científico y humano, el registro de decesos por inestabilidad de laderas no debe permitirse en caso de existir una metodología científica para evitar o disminuir el riesgo; en presunción, no deberían ocurrir afectaciones a la población del Estado de Puebla, con base en diversos estudios que tratan de evitar problemáticas derivadas de este tipo de

cuestiones geomorfológicas ejemplificadas en el presente artículo.

Por último, el tema de concientización o concienciación a la población es un argumento determinante y final, según pláticas con habitantes afectados por anteriores fenómenos de inestabilidad de laderas, un pequeño porcentaje de los mismos desea una reubicación inmediata, por lo que el gobierno del Estado de Puebla deberá particularizar las posibles soluciones, conocer la historia de vida de las familias y entender los argumentos que ellos exponen al establecerse en dichos lugares no aptos para la vivienda.

Así mismo, crear mecanismos de apoyo con trabajadores sociales, psicólogos, sociólogos y antropólogos, para establecer una reubicación, que sin duda tarde o temprano se tendrá que llevar a cabo, siempre concientizando y concertando, nunca imponiendo o reubicando de manera forzada, ya que esto último, traería más problemáticas que soluciones.

REFERENCIAS

- [1] López, J. & Beas M. (2015). Vulnerabilidad por inestabilidad de laderas en Tepic, Nayarit. *Educar con ciencia*, 8(9), 10–24. Recuperado de <https://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/article/view/224>
- [2] Anedás, S. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Vol. 4 Núm. 55-78. Recuperado de <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/189>
- [3] Campos, O., Oliva, A. & Gallardo, R. (2011). Inestabilidad de Laderas. Influencia de la actividad humana. *Elementos*. 18. 39-46. p.41 Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271531326_Inestabilidad_de_Laderas_Influencia_de_la_actividad_humana/citation/download
- [4] Expansión. (2019). El deslave de un cerro en Puebla deja siete muertos. Recuperado de <https://politica.expansion.mx/estados/2019/07/1/deslave-cerro-puebla-siete-muertos>
- [5] Gallardo, R., Guerrero, T. & Macgregor, A. (2013). Investigación geotécnica para la estabilización de las laderas del barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia), *INGE CUC*, vol. 9, no. 2, pp. 66–74, p. 67 2013. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4868981>

[6] Bernabeu, M. & Diez, J. (2014). Metodologías de análisis de riesgos en inestabilidad de laderas, Revista Ingeniería Civil 175/2014, Publicaciones CEDEX. C/ Alfonso XII, 3 | 28014, Madrid, p. 17. Recuperado de <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/download/396/377/>

[7] Acevez, Q., Legorreta G., Lugo, J., Umaña, J. & Legorreta H. (2016). Sistemas de información geográfica y cartografía geomorfológica aplicados al inventario de deslizamientos y cartografía de susceptibilidad en la cuenca del río El Estado, Pico de Orizaba, México, Investigaciones Geográficas, núm. 91, Instituto de Geografía, UNAM México, 43-55, p. 43. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n91/0188-4611-igeo-91-00043.pdf>

[8] Chacón, J. (2005). Mapas de Zonas Inestables y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/258857613_Mapas_de_Zonas_Inestables_y_Sistemas_de_Informacion_Geografica_SIG

[9] Doracely, F., Nelly, L., Aguilar, J., Caballero, Víctor., Lozano, D., Guerra, Víctor. & Jiménez, F. (2017). Modelo SIG para la zonificación de peligro por inestabilidad de laderas - Caso de estudio: área metropolitana de Monterrey, México. Serie Correlación Geológica - 33 (1 - 2): 27 - 40, Tucumán, 2017. Recuperado de <http://www.insugeo.org.ar/scg/ver-articulo.php?id=488>

[10] Audefroy, J. (2003). La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina. Revista INVI, 18(47), p.59. Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/artic/e/view/391/810>

[11] Artiles, D. & Sangabriel, A. (2012). Construyendo la vulnerabilidad: Un riesgo para todos. Arquitectura y Urbanismo, 33(2), 68-78, p. 73. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982012000200006&lng=es&tlng=es.

[12] Artículo 27 constitucional. (1992). Marco Legal Agrario Artículo 27 constitucional. Reformado mediante decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación el 6 y 28 de enero de 1992; expedidos por Carlos Salinas de Gortari, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, el 3 y 27 de enero de 1992.

Recuperado de <http://www.pa.gob.mx/publica/pa07ba.htm>

[13] Jaramillo, J. (2006). Reubicación y restablecimiento en la ciudad. Estudio de caso con población en situación de desplazamiento. Universitas humanística no.62 julio-diciembre de 2006. Bogotá Colombia. 143-168. p. 164. Recuperado de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2nwo4ovNPqEJ:www.scielo.org.co/pdf/unih/n62/n62a07.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>

[14] Rodríguez, H., Cuevas, A. & Arellano, A. (2016). La reubicación humana por desastre en Anganguero, Michoacán. Entre la participación y significación social. Política y cultura, (45), 53-77. p. 55. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422016000100053&lng=es&tlng=es

[15] Orellana, A., Vicuña, M. y 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), 86-113, p. 92. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.cvu10-19.pucv>

[16] Youtube. (2019). Familia se niega a desalojar vivienda pese a tragedia en Santo Tomas Chautla. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=F-7Pu9odec>

[17] NASA. (2020). Datos de Tierra. Recuperado de <https://search.asf.alaska.edu/#/>

[18] Suarez, J. 2013. Deslizamientos, Tomo I: Análisis Geotécnico. Geo tecnología capítulo 13, 536. Recuperado de <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>

[19] CONABIO (2002). Regimenes de humedad del suelo. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metad/ata/gis/rehsu4mgw.xml? httpcache=yes& xsl=/db/metad/ata/xsl/fgdc.html.xsl& indent=no>

[20] CONABIO. (2004). Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/metad/ata/gis/degra250kgw.xml? xsl=/db/metad/ata/fgdc.html.xsl& indent=no>

[21] CONAPO. (2010). Cartografía de marginación por AGEB urbana 2010. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_abiertos_del_Indice_de_Marginacion

[22] Mediatik. (2019). Tragedia en Santo Tomás Chautla si se pudo evitar. Recuperado de <https://mediatik.com.mx/tragedia-en-santo-tomas-chautla-si-se-pudo-evitar/>