

Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo*

Dr. Oscar Andres Cuanalo Campos^a, Msc. Romel Jesus Gallardo Amaya^{b*}

^a Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente, GIGMA, Rafael Alduci 228, Puebla, México.

^b Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente, GIGMA, Sede Algodonal, Vía Acolsure, Ocaña, Colombia.

Recibido: 21/05/16. Aprobado: 27/08/16

RESUMEN

Los fenómenos de inestabilidad de laderas o procesos de remoción en masa, se presentan frecuentemente en zonas de morfología montañosa y escarpada, donde los procesos erosivos y la meteorización son intensos, trayendo como consecuencia el origen de importantes caídos de grandes masas, flujo de detritos y deslizamientos, llegando a constituir riesgos geológicos potenciales para las personas y sus bienes económicos.

El objetivo del presente trabajo es presentar los conceptos característicos que definen el riesgo, teniendo como base metodológica la definición de los conceptos de amenaza y vulnerabilidad; para este último factor se incluye su clasificación y los elementos de riesgo. Como resultado de este estudio se proponen medidas y estrategias para la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo ante fenómenos de inestabilidad de laderas, las cuales consisten en medidas estructurales, no-estructurales e instrumentales, que ayuden a intervenir en el nivel de exposición y fragilidad que se tenga ante una determinada amenaza por eventos de remoción en masa. Se puede concluir que mediante la implementación de medidas de tipo correctivo, prospectivo y/o restrictivo se puede lograr la reducción de la vulnerabilidad, especialmente en comunidades ubicadas en zonas de ladera vulnerables a eventos de remoción en masa y así lograr políticas institucionales, que busquen potenciar la resiliencia de estas comunidades; de modo que ellas puedan hacer frente de manera más efectiva y rápida a un evento de desastre.

Palabras clave: Inestabilidad de laderas; amenaza, vulnerabilidad y riesgo; medidas estructurales, instrumentales y no estructurales

Landslides. Strategies to reduce vulnerability and risk

ABSTRACT

Slope instability phenomena or mass wasting processes, frequently present in mountainous and steep morphology zones, where the erosive processes and weathering are intense, having as a consequence the origin of important big mass falls, debris flow and landslides, constituting potential geological risks for people and their economic properties.

The objective of this work is to present the characteristic concepts that define risk, having as a methodology based on the definition of hazard and vulnerability concepts; for the latter, its classification and risk elements are included. As a result of this study, measures and strategies are proposed for the reduction of vulnerability and risk under slope instability phenomena, which consist of structural, non-structural and instrumental measures, helping to deal with the exposure and fragility level facing a predetermined hazard for mass removal events. It can be concluded that by the implementation of corrective, prospective and/or restrictive measures, vulnerability reduction can be achieved, especially in communities located in hillside areas vulnerable to mass wasting, thus, achieving institutional policies that reinforce the resilience of these communities, so that they can face a disaster event in a more effective and faster way.

Key words: Landslides; hazard, vulnerability and risk; structural, instrumental and non-structural measures.

1. Introducción

La inestabilidad de laderas se caracteriza por el movimiento de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla en la cual se ha rebasado la resistencia al esfuerzo cortante del terreno. En la

Sierra Madre Oriental de México se presentan vuelcos y caídos de grandes masas de roca, flujos de suelos y detritos, corrimientos y movimientos complejos, deslizamientos rotacionales y traslacionales, que han causado desastres y daños en viviendas, caminos, puentes, vías férreas, instalaciones de servicios públicos, afectación en los sectores agrícola, ganadero, forestal, acuícola, etc. (Mansilla, 1996). En la figura 1 se aprecia un sector con inestabilidad de ladera.

* Autor de correspondencia.

E-mail: oscarcuanalo@hotmail.com (O. Cuanalo). ORCID: 0000-0002-8031-6958

E-mail: rjgallardo@ufps.edu.co (R. Gallardo). ORCID: 0000-0002-4740-4841



Figura 1. Inestabilidad de laderas en la zona sur de Ocaña, N.S. Fuente:Autores

Los deslizamientos de laderas pueden ser desencadenados por lluvias torrenciales, terremotos y/o erupciones volcánicas, entre otros fenómenos naturales, o de origen tecnológico, cuyo efecto se ve magnificado por la influencia de la actividad humana al realizar cortes, excavaciones, sobrecargas, explotación de bancos de materiales, vertido de agua, deforestación, cambio de uso de suelo, colocación de rellenos en estado suelto, etc. (Gallardo *et al.*, 2013; Cuanalo *et al.*, 2011). Estos movimientos del terreno pueden ocurrir lentamente o de manera súbita dependiendo del tipo de material que conforma la ladera, de su ángulo de inclinación y de su grado de saturación (Mostajo y Bach, 2009; Cuanalo *et al.*, 2006; Rivera, 2001.).

2. Definición de conceptos

2.1 Amenaza (H)

Cardona (1991), PBOT Barranquilla (2006), Cruz, González y Segovia (2001), definen la Amenaza como un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. En la figura 2 se muestran los efectos producidos por un deslizamiento.



Figura 2. Destrucción de la población de Gramalote, Norte de Santander Colombia, antes y después del deslizamiento (Pedroza A., 2012)

Según Cardona, *et al.* (2001) y Ulloa (2011) se puede entonces decir que para que un evento vinculado con un fenómeno natural se considere una amenaza potencial, se precisa que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que exista la probabilidad real de que dicho evento ocurra (0: no ocurre, 1: certeza de que ocurrirá).
- Que el evento sea de cierta magnitud o tamaño.
- Que el evento sea de cierta intensidad o severidad.
- Que el evento ocurra en determinado tiempo (por ejemplo, en los próximos 10 años).
- Que ocurra en un área geográfica específica.

En general la Amenaza se evalúa haciendo un análisis probabilístico de la ocurrencia de un evento de cierta intensidad, en un determinado periodo de tiempo y en un lugar específico, a partir de datos e información histórica de eventos relativos al fenómeno de estudio que han acontecido (Inventario de Deslizamientos), incluyendo los siguientes datos (Montoya y Gutiérrez, 2014):

- Ubicación geográfica.
- Magnitud e intensidad del evento.
- Grado de afectación y/o daño ocasionado.
- Frecuencia con la que se presenta tal evento.

2.2 Vulnerabilidad (V)

Representa la *susceptibilidad o fragilidad* física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la *predisposición* a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. (Ley N° 1523, 2012; Lavell, 2003).

Para que una comunidad sea vulnerable a una amenaza se precisa:

- Que exista la probabilidad real de que el evento cause daño o destrucción (0: sin daño, 1: destrucción total).
- Que existan comunidades o elementos expuestos al evento (personas, bienes económicos, recursos naturales, etc.).
- Que los elementos expuestos sean frágiles o susceptibles a experimentar daño por el evento.

Así pues, el riesgo se puede entonces entender como el nivel de daño esperado en una comunidad o elementos expuestos al interactuar la amenaza natural y el grado de fragilidad de la comunidad (Carreño *et al.*, 2005). Es de anotar como lo señalan Ríos y Méndez (2015) que en el momento en que el hombre ocupa un territorio para organizar sus espacios, al instante, este inicia la construcción de la vulnerabilidad, esta condición se manifiesta en la figura 3.



Figura 3. Sierra Nororiental de Puebla, México (construcciones con alto nivel de exposición).

2.3 Riesgo (R)

Según Barillas *et al.* (2003), el Riesgo o nivel de destrucción o también llamado daño esperado, se define como las pérdidas potenciales debidas a un evento ocasionado por una amenaza natural (terremotos, inundaciones, tsunamis, deslizamientos, huracanes, erupciones volcánicas, erosión, avalanchas y lahares, tornados, sequías, etc.), evaluado en términos de vidas humanas, pérdidas económicas directas e indirectas, daños a infraestructura, etc.; matemáticamente se expresa como la probabilidad de exceder un nivel o costo de daño (C) con consecuencias económicas y sociales, en un área geográfica específica y en un cierto período de tiempo (Varnes, 1984; Smith and Petley, 2009; Crozier and Glade, 2010; Zepeda y Sánchez, 2001).

El riesgo o nivel de pérdidas esperado resulta de la interacción que existe entre la *amenaza natural* (H) o probabilidad de que ocurra un evento natural extremo, y la *vulnerabilidad* (V) de los elementos expuestos ante el fenómeno natural (ecuación 1) (Cardona *et al.*, 2003).

$$R = H * V *$$

Donde H = Amenaza, V = Vulnerabilidad y C = Costo de los daños o pérdidas evaluados en términos de vidas o bienes económicos.

3. Clasificación de la vulnerabilidad

Como se estableció anteriormente, la vulnerabilidad se define como la *predisposición o susceptibilidad* intrínseca de una comunidad o de elementos expuestos (personas y bienes económicos), a sufrir daño o pérdidas debido a la ocurrencia de un fenómeno de cierta intensidad. Diferente vulnerabilidad de los elementos expuestos implica diferente severidad de los efectos del fenómeno sobre los mismos (Chardon y González, 2002; Cardona, 2001; SUBDERE, 2011).

Para evaluar adecuadamente la vulnerabilidad de una comunidad ante una Amenaza potencial vinculada con la ocurrencia de un fenómeno natural, se deben tomar en cuenta los diferentes elementos expuestos, estos incluyen a las personas, la infraestructura de la comunidad, el espacio geográfico y los recursos naturales, las actividades para el funcionamiento normal como el transporte, las comunicaciones, los suministros de energía, los servicios públicos, la economía, las finanzas, el comercio, etc., todos ellos pertenecientes a lo que se conoce como la *vulnerabilidad física y funcional* (Gómez, 2001; Leone, 2001; Busso, 2001).

Asimismo, es importante también tomar en cuenta los aspectos sociales relativos a las diferentes estrategias y medidas de la propia comunidad y sus instituciones para la prevención, reducción, mitigación y atención de desastres, la capacidad de organización y respuesta ante una contingencia, etc.; todos estos aspectos relativos a la *vulnerabilidad social* (Barrenechea *et al.*, 2000; Villagómez y Sebastián, 2015).

En general la evaluación de la vulnerabilidad de un asentamiento humano debe incorporar dos elementos, análisis de los procesos sociales propios y la degradación ambiental del entorno natural donde está dicho asentamiento (Cardona *et al.*, 2001). En la Tabla 1 se listan los elementos bajo riesgo para las diferentes clases de vulnerabilidad.

Tabla 1. Clasificación de la vulnerabilidad y elementos bajo riesgo

Vulnerabilidad	Elementos bajo riesgo
Física	Personas
	Infraestructura
	Recursos naturales y medio ambiente
	Transporte
Funcional	Comunicaciones
	Suministro de energía
	Servicios públicos
	Economía y finanzas
	Comercio
Social	Estrategias y medidas para la prevención, reducción, mitigación y atención de desastres
	Organización y respuesta de la comunidad ante una contingencia

Fuente: Cardona, 1991

4. Medidas propuestas para reducir el riesgo

Los fenómenos naturales no se pueden evitar ya que son parte de los procesos *geodinámicos y/o hidrometeorológicos* que actúan en nuestro planeta, por lo tanto, la principal forma de reducir el *riesgo* es intervenir directamente en la *vulnerabilidad* de los elementos expuestos (Vargas, 2002; Roman, 2006). En este contexto, como lo plantean Amar *et al.* (2014), se acepta que el riesgo es una “construcción de la sociedad en el curso de sus procesos de cambio y transformación” que generan condiciones de vulnerabilidad de las comunidades, especialmente aquellas con altos niveles de pobreza. En estas condiciones a continuación se presentan los objetivos de las estrategias o acciones para reducir el riesgo.

4.1 Objetivos de las estrategias o acciones para reducir el riesgo

Los objetivos incluyen reducir la vulnerabilidad, garantizar la seguridad de las personas y sus bienes económicos ante una amenaza, atender eficientemente una contingencia y mitigar los efectos de un desastre, entre otros (Sarli, 2005).

Existen tres tipos de medidas para reducir el riesgo, consistentes en diferentes estrategias o acciones para reducir la vulnerabilidad física, funcional o social de los elementos bajo riesgo (Gallardo, 2011). En la tabla 2 se consignan las medidas para mitigar el riesgo.

Tabla 2. Medidas, estrategias y objetivos para reducir la vulnerabilidad y el riesgo

Medidas	Estrategia / objetivos	Características
Estructurales	Construcción de <i>Procesos de estabilización</i> para reducir la vulnerabilidad física .	Rectificación geométrica Elementos de drenaje Elementos estructurales de refuerzo Muros de contención Protección superficial
Instrumentales	Instalación de equipos de instrumentación y monitoreo para establecer un <i>Sistema de Alerta Temprana</i> con la finalidad de reducir la vulnerabilidad física y funcional .	Piezómetros Inclinómetros Pluviómetros Puntos de nivelación topográfica Extensómetros Sismógrafos
No estructurales	Difusión de información, identificación de la amenaza (<i>factores condicionantes y desencadenantes</i>), evaluar la vulnerabilidad (<i>nivel de exposición y grado de fragilidad de la comunidad</i>), integración de los <i>mapas de riesgo</i> , elaboración de <i>reglamentos o códigos de construcción</i> para regular el uso del suelo y el ordenamiento territorial, todos ellos con la finalidad de reducir la vulnerabilidad social .	Fortalecimiento institucional, educación, capacitación y preparación de la comunidad, legislación y planificación para mitigar el impacto de la actividad humana en el medio ambiente, participación comunitaria y gestión de riesgo a nivel local, regional, estatal, nacional o internacional.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Procesos constructivos de estabilización (medidas estructurales)

Tienen por finalidad reducir la vulnerabilidad física; estos procesos de estabilización se emplean para evitar el movimiento de masas de suelo y rocas en laderas potencialmente inestables o para corregir fallas ocurridas en taludes y/o deslizamientos activos, siempre y cuando la velocidad del deslizamiento lo permita (Atencia, 2013). En general la selección del método constructivo a emplear en un caso dado

depende primero de las características del terreno y de su movimiento, incluyendo para este último el tipo, volumen, velocidad, profundidad de la superficie de falla y geometría de la ladera, y segundo, de la disponibilidad de maquinaria, equipo y materiales, y desde luego de la accesibilidad al sitio. (Cuanalo *et al.*, 2012).

Los procesos y técnicas constructivas de estabilización se pueden clasificar, de forma general, en los grupos presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Procesos y técnicas constructivas de estabilización

Proceso constructivo	Tipo	Objetivos
Rectificación geométrica	Abatimiento del talud	Disminuir las fuerzas actuantes sobre la ladera y/o aumentar las fuerzas resistentes que se oponen al deslizamiento
	Remoción de cresta	
	Conformación de terrazas	
	Contrapeso	
Elementos de drenaje	Zanjas de drenaje	Captar, conducir y eliminar el agua de escurrimiento superficial y/o disminuir la presión neutral o agua intersticial de los poros que afecta la resistencia de los materiales de la ladera
	Drenes horizontales	
	Pozos de alivio	
	Pantallas drenantes	
	Galerías filtrantes	
Elementos estructurales refuerzo	Barrera de pilotes	Incrementar la resistencia cortante del terreno
	Anclas	
	Gravedad	
	Cantiliver	
Muros de contención	Contrafuertes o estribos	Soportar la presión que ejercen las masas de tierra o roca inestables
	Tierra armada	
	Celular	
	Gaviones	
	Mallas metálicas	
Protección superficial	Concreto lanzado	Evitar el caído de los materiales superficiales, reducir la erosión y meteorización, y minimizar la infiltración de agua de escurrimiento
	Geosintéticos	
	Vegetación	

Fuente: (Abramson *et al.*, 2002; Juárez, E. y Rico, A., 2003; González, L. *et al.*, 2002; Winterkorn y Fang, 1990; Suárez J., 1998; Rico, A. y Del Castillo, H., 2009; Cuanalo O., 2004).

4.3 Instrumentos de monitoreo y control (medidas instrumentales)

Los instrumentos de monitoreo y control tienen por finalidad establecer un sistema de alerta temprana (CEPREDENAC, 2008); según Peña (2014) “el éxito de un sistema de alerta temprano (SAT), requiere de condiciones que permitan tomar decisiones oportunas en el tiempo, para minimizar las pérdidas humanas ante un evento de peligro” para así reducir la vulnerabilidad física y funcional (UNESCO, s.f.; Cordero y Espinoza, 2012).

Los instrumentos de monitoreo se utilizan para medir los parámetros característicos que son esenciales para interpretar el comportamiento del terreno y predecir la evolución de sus condiciones de estabilidad o de servicio, En caso de detectar algún signo de inestabilidad, ocasionado por actividad sísmica, lluvias torrenciales, vulcanismo, actividad humana, etc., se podrá emitir una alerta temprana y tomar las acciones preventivas y correctivas para preservar la integridad

de las personas y sus bienes económicos, además de establecer las diferentes estrategias de mitigación correspondientes (Bolaños y Castro, 2016).

Los objetivos de un programa de monitoreo son los siguientes:

- Caracterizar los parámetros que serán monitoreados y controlados.
- Definir la cantidad y tipos de equipos e instrumentos a utilizar.
- Seleccionar la ubicación de los instrumentos y equipos, especificando las instrucciones para su instalación.
- Definir las lecturas de referencia previas al inicio de las mediciones.
- Especificar los intervalos de lecturas y criterios de alarma o alerta temprana.
- Realizar lecturas y toma de datos.
- Captar, transmitir y procesar los datos de las mediciones.
- Interpretar y modelar los datos del monitoreo.

Los parámetros a medir en los instrumentos de monitoreo se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Instrumentos de monitoreo para establecer un Sistema de Alerta Temprana

Instrumento	Parámetro característico a medir
Piezómetro	Presión de poro al interior del terreno
Inclinómetro	Desplazamiento del terreno inestable en sus tres componentes espaciales a diferentes profundidades, para identificar la superficie de falla potencial a través del cual se puede originar un deslizamiento
Extensómetro	Monitorear de manera continua la abertura o cierre de una grieta en el terreno (magnitud, dirección y velocidad)
Pluviómetro	Determinar la precipitación pluvial para correlacionarla con los desplazamientos del terreno
Puntos de nivelación topográfica	Desplazamiento superficial del terreno y velocidad del movimiento
Sismógrafo	Vibraciones en el terreno

Fuente. Elaboración propia.

4.4 Medidas no estructurales

Tiene por finalidad reducir la vulnerabilidad social mediante acciones o estrategias encaminadas al fortalecimiento institucional con el objetivo de preparar a la sociedad para afrontar eventos vinculados al fenómeno de inestabilidad de laderas, mediante conferencias, cursos de capacitación, seminarios para la difusión de información, caracterización de los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en el fenómeno, estudios e investigaciones para la evaluación de la vulnerabilidad o nivel de exposición y grado de fragilidad de la comunidad, elaboración de los mapas de riesgo para su incorporación a los Atlas municipales, estatales o regionales, elaboración de reglamentos o códigos de construcción para legislar y regular el uso del suelo y el ordenamiento y planificación territorial; todas estas acciones encaminadas a lograr la participación comunitaria y llevar a cabo una gestión de riesgo integral (Aguirre, 2004).

Es importante incluir dentro de la gestión del riesgo y en especial en la implementación de medidas no estructurales para la gestión del riesgo de desastres como componente transversal la *resiliencia*, contemplando la capacidad que tenga una determinada comunidad, en condiciones de vulnerabilidad, para adaptarse a condiciones de riesgo que pueden ser latentes y cíclicas (como las asociadas a factores hidrometeorológicos potenciados por el cambio climático) e incorporar todo el apoyo de las instituciones encargadas de la gestión del riesgo de desastres a preparar a las comunidades vulnerables para que tengan capacidad de recuperarse ante la ocurrencia de algún tipo de desastre y que se desarrolle una condición de no dependencia institucional total, que las comunidades desarrollen capacidades para recuperarse luego de que se haya materializado alguna condición de riesgo o de que esta se presente de forma recurrente (Amar *et al.*, 2014).

5. Conclusiones

En la gestión del riesgo de desastres asociados principalmente a fenómenos de remoción en masa, un componente importante sobre el que se puede actuar, es en las condiciones que predisponen una comunidad a verse afectada ante una amenaza potencial, como es el caso de la inestabilidad del terreno que puede desencadenar en la ocurrencia de un deslizamiento. Lo anterior se puede lograr actuando sobre uno de los factores que conforman el riesgo, la vulnerabilidad. Esta actuación se puede hacer mediante la implementación de medidas de tipo estructural y no estructural.

La reducción de la vulnerabilidad se puede realizar mediante la implementación de un diverso grupo de acciones para la reducción de la misma, entre ellas la implementación de medidas de tipo correctivo, prospectivo o incluso restrictivo. Estas medidas buscan intervenir en el nivel de exposición y fragilidad que se tenga ante una determinada amenaza por eventos de remoción en masa. Las medidas mencionadas también se pueden implementar para incidir en el nivel de amenaza presente, de modo que se pueda evitarla o neutralizarla.

Las medidas de tipo instrumental mencionadas en este documento como una forma de reducir el nivel de vulnerabilidad y riesgo tienen la ventaja de que permiten hacer monitoreo y seguimiento de la amenaza, teniendo de esta forma una herramienta de prevención ante la ocurrencia de un deslizamiento.

Para el caso de eventos de remoción en masa, que tengan como factor detonante las condiciones hidrometeorológicas, la gestión del riesgo de desastres debe tener en cuenta que estos eventos se constituyen en un riesgo que puede ser recurrente, especialmente en muchas comunidades vulnerables ubicadas en zonas de ladera. Siendo importante para estos casos que las políticas institucionales busquen potenciar la

resiliencia de estas comunidades; de modo que ellas puedan hacer frente de manera más efectiva y rápida a un evento de desastre.

6. Referencias

- Abramson L., Lee T., Sharma S., Boyce G. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods*. 2nd Edition. John Wiley and Sons, Inc. USA. 712 p.
- Amar, J., Madariaga, C., Sanadres, E., Utria, L., Martínez, M. (2014). La resiliencia social: una propuesta para integrar dentro de las políticas públicas de gestión del riesgo. *Innova*, 5(18): 34-39.
- Aguirre B. E. (2004). Los desastres en Latinoamérica: vulnerabilidad y resistencia. *Revista Mexicana de Sociología*, 66(3): 485-510.
- Atencia, Y. (2013). *Caracterización y análisis de la amenaza y vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca de la quebrada Cay, Ibagué, departamento del Tolima*. Tesis de Maestría. Universidad del Tolima: Ibagué, Colombia. 260 p.
- Barrenechea, J., Gentile, E., González, S., Natenzon, C. (2000). Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. En: *IV Jornadas de Sociología, Universidad De Buenos Aires*, 6. Buenos Aires, Argentina.
- Barillas-Cruz, M., Van Westen, C., Orozco, E., Thonon, I., Lira, E., Guarín, G. P., Tax, P. (2003). zonificación de amenazas naturales en la cuenca del río Samalá y análisis de vulnerabilidad y riesgo en la población de San Sebastián Retalhuleu, Guatemala. *Retalhuleu, Guatemala: GEOS*, 23(1): 17-24.
- Bolaños Martínez, L. C., Castro Caicedo, F. J. (2016). Evaluación de la implementación de sistemas automatizados de alerta temprana en tiempo real dirigidos a disminuir los riesgos que representan las amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales en la subcuenca Río Molino, municipio de Popayán, departamento del Cauca. Tesis de Especialización. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Católica de Manizales: Manizales, Colombia. 74 p.
- Busso, G. (2001). Vulnerabilidad Social: Nociones e Implicancias de Políticas para Latinoamérica a Inicios del Siglo XXI. En: *Seminario Internacional Las Diferentes Expresiones de la Vulnerabilidad Social en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile.
- Cardona O. D. (1991). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo*. Disponible en: <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>. [Visitada en mayo de 2016]
- Cardona O. D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. *International Work-Conference On Vulnerability In Disaster Theory And Practice*: 29-30.
- Cardona, A., Dario, O., Ramírez, G., Fernández, A., Wilches Chau, G., Lavell, A., Mansilla, E. (2001). *Plan de capacitación institucional en gestión de riesgos*. República Dominicana. Secretariado Técnico de la Presidencia; Banco Interamericano de Desarrollo (BID); Sato Domingo. 48 p. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/varios/2002/pdrd/1-2PCGR_F-may_28_2002.pdf.
- Cardona O., Hurtado J., Duque G., Moreno A., Chardon A., Velázquez S., Prieto S. (2003). *The Notion Of Disaster Risk. Conceptual Framework For Integrated Risk Management*. IABD/IDEA Program on indicators for disaster risk management. Universidad Nacional de Colombia: Manizales. 49 p. Disponible en: <http://idea.unalmz.edu.co/documentos/IADB-IDEA%20Indicators%20-%20Summary%20Report%20for%20WCDR.pdf>.
- Carreño M.L., Cardona O.D., Barbat A. H. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE). Barcelona. 165 p. Disponible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/28371/MIS52.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central CEPREDENAC. (2008). *Informe regional de sistema de alerta temprana y monitoreo*. Programa de fortalecimiento de capacidades para el manejo del riesgo por deslaves. América Central. 110 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Eberto_Anguizola/publication/278667544_Sistemas_de_Alerta_temprana_para_Deslizamiento/links/5581c03908ae6cf036c16daa.pdf.
- Chardon A., González J. (2002). *AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, DESASTRE, MITIGACIÓN, PREVENCIÓN: Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación*. Programa de información e indicadores de gestión de riesgos, Banco Interamericano de Desarrollo: Manizales. Disponible en: <http://idea.unalmz.edu.co/documentos/anne-catherine%20fase%20i.pdf>.
- Congreso de Colombia. (24 de abril de 2012). Política nacional de gestión del riesgo de desastres y Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. [Ley 1523 de 2012]. DO: 48.411
- Cordero Carballo, D. A., Espinoza Carazo, R. (2012). Sistemas de alerta temprana para monitoreo de deslizamientos. *Infraestructura Vial, Vol. 14 Núm. 25*: 14-19.
- Crozier M., Glade T. (2010). Hazard assessment for risk analysis and risk management. *Geomorphological Hazards And Disaster Prevention*. Cambridge University Press, 221 p.
- Cruz M.R.; González J.; Segovia M. (2001). Actividad industrial y contaminación hídrica: El caso de Luján. Anuario de la División Geografía 2000-2001. Departamento de Ciencias Sociales – UNLu. Luján. pp. 109-128. Disponible en <http://www.gesig-proeg.com.ar/documentos/articulos/CRUZ-GONZALEZ-SEGOVIA-2001.pdf>. [Visitada en agosto de 2016].
- Cuanalo O. (2004). *Metodología para la selección de procesos constructivos empleados en estabilizar deslizamientos de laderas*. Tesis Doctoral. Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas: Cuba.
- Cuanalo O., Quezada P., Aguilar A., Oliván A., Barona E. (2006). Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de Puebla, México”. *Revista Digital Científica y Tecnológica E-Gnosis* [Online] Vol.4, Art # 13.
- Cuanalo O., Oliva A., Gallardo R. (2011) “Inestabilidad de laderas. Influencia de la actividad humana”. *Revista Elementos Ciencia y Cultura*, 84 Vol. 18: 39-46.
- Cuanalo O., Oliva A., Gallardo R. (2012). *Inestabilidad de laderas. Procesos constructivos de estabilización*. Editorial Académica Española: Berlin. 189 p.
- Gallardo R. J., Guerrero T. E., Macgregor A. A. (2013). Investigación geotécnica Para La estabilización de las laderas el barrio San Fermín, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander (Colombia). *INGE CUC*, 9(2), 66-74.
- Gallardo R. J. (2011). Estabilidad de taludes en corredores viales. *Revista Ingenio UFPSO*, 3(1): 12-18.
- Gómez J. J. (2001). Vulnerabilidad y medio ambiente. En: *El Seminario Internacional “Las Diferentes Expresiones De La Vulnerabilidad Social en América Latina y el Caribe”*. Santiago, Chile.
- González L., Ferrer M., Ortuño L., Oteo C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Editorial Prentice Hall. España. 715 p.
- Juárez B. E., Rico R. A. (2003). *Mecánica de suelos. Tomo II. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*. Estabilidad de taludes. Segunda edición. Editorial Limusa. México. 703 p.
- Lavell A. (2003). *La gestión local del riesgo: Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC); PNUD. Panamá. 101 p. Disponible en <http://www.disaster-info.net/lideres/portugues/brasil%2006/Material%20previo/Allangestriesg.pdf>.
- Leone F. (2001). Vulnerability Assessment of Elements Exposed to Mass Movements: Working Toward a Better Risk Perception. En: *Proceedings of III Panamerican Symposium on Landslides*. Cartagena, Colombia.

- Mansilla E. (Ed.). (1996). *Desastres modelo para armar: colección de piezas de un rompecabezas social*. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina: La Red. México. 229 p. Disponible en <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/dma/DesastresModeloParaArmar-1.0.0.pdf>.
- Montoya C. A. H., Gutiérrez J. A. V. (2014). Estimación de la amenaza por deslizamientos detonados por sismos y lluvia (Valle de Aburrá-Colombia). *Revista EIA*, 22: 103-117.
- Mostajo J. A. (2009). *Estudio de probabilidad de falla e implementación de alternativas de solución al deslizamiento de taludes andinos*. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Universidad Ricardo Palma: Lima, Perú. 188 p.
- Pedroza A. (2012). Porqué se cayó Gramalote. En: *Seminario de Riesgos y Desastres Por Fenómenos Geológicos*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia.
- Peña Rincón, C. A. (2014). *Monitoreo y modelo sistémico a deslizamiento superficial de suelos para Manizales*. Tesis de Ph.D. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales: Manizales, Colombia. 66 p.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial Barranquilla, Anexo 2. (2006). Disponible en <http://www.barranquilla.gov.co/documentos/pot/anexos/anexo%20-%20glosario%20prevencion,%20reduccion%20de%20riesgo.pdf>. [Visitado en septiembre de 2016].
- Rico A., Del Castillo H. (2009). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. Tomo I. Editorial Limusa. México. pp. 235-274; 277-348; 403-437.
- Ríos S. C., Méndez W. (2015). Comprendiendo el fenómeno de la vulnerabilidad social y la naturaleza. *Dialógica: revista multidisciplinaria*, 12(1): 261-293.
- Rivera L. (2001). Informe proyecto Mizav identificación y el establecimiento de zonas de alta vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/ponen19.pdf>. [Visitada en junio de 2016].
- Roman M. J. (2006). *Plan de prevención para emergencias por desastres naturales en la provincia de pichincha, su organización y aplicación en la educación básica en la próxima década*. Tesis de Master. Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador. Quito, Ecuador. 306 p.
- Sarli A. C. (2005). Capacidad de resistencia, vulnerabilidad y cultura de riesgos. *Espacio Abierto*, 14(2): 265-278.
- Smith K., Petley D. (2009). *Environmental Hazards. Assessing Risk And Reducing Disaster*. Routledge, USA. 383 p.
- Suárez J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia. Ediciones UIS: Bucaramanga. 548 p.
- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo – SUBDERE. (2011). *Guía de Análisis De Riesgos Naturales Para el Ordenamiento Territorial*. Convenio SUBDERE- CEPAL: Programa de gestión del riesgo para el ordenamiento territorial: Santiago, Chile. 147 p. Disponible en: http://www.preventionweb.net/files/28726_libroguiaadeanalisisderiesgosnatural.pdf.
- Ulloa F. (2011). *Manual de gestión del riesgo de desastre para comunicadores sociales*. Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura: Lima. 69 p. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002191/219184s.pdf>.
- UNESCO-Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. (s.f). *Conceptos y herramientas sobre sistemas de alerta temprana y gestión del riesgo para la comunidad educativa*. San José, Costa Rica. 45 p. Disponible En: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Costa%20Rica.pdf>.
- Vargas J. E. (2002). *Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo No. 50. Naciones Unidas, CEPAL: Santiago, Chile. 84 p. Disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5749/S2002612_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Varnes D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Natural Hazards, No. 3. 63 p.
- Villagómez G., Sebastián N. (2015). *Elaboración del plan de contingencia ante emergencias en la facultad de ingeniería ciencias físicas y matemáticas*. Universidad Central del Ecuador: Quito. 204 p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5919/1/T-UCE-0006-04.pdf>.
- Winterkorn H., Fang H. (1990). *Foundation Engineering Handbook. Landslides*. 2nd Edition.. Editorial Van Nostrand Reinhold: USA. pp 410-435.
- Zepeda Ramos O., Sánchez Pérez T. A. (2001). Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. In *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Centro Nacional de Prevención de Desastres.