



11

Inestabilidad de laderas - deslizamientos

Omar Darío Cardona Arboleda (Colombia), Martha Liliana Carreño Tibaduiza (España), Ketty Carla Mendes Arraiol (Venezuela), Irasema Alcántara-Ayala (México) y Silvia Midori Saito (Brasil).

Se recomienda citar este texto como:

Cardona Arboleda, O.D., M.L. Carreño Tibaduiza, K.C. Mendes Arraiol, I. Alcántara-Ayala y S.M. Saito, 2020: Inestabilidad de laderas - deslizamientos. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos - Informe RIOCCADAPT*. [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 419-458, ISBN: 9788448621643).

... CONTENIDO

Resumen ejecutivo	421
11.1. Introducción.....	421
11.1.1. Marco conceptual del capítulo.....	421
11.1.2. Principales cifras del sector o sistema.....	423
11.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático.....	424
11.1.4. Revisión de informes previos.....	424
11.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema	424
11.2.1. Amenazas.....	424
11.2.1.1. Conceptos fundamentales.....	424
11.2.1.2. Evaluación y cartografía.....	426
11.2.2. Exposición.....	428
11.2.3. Vulnerabilidad.....	428
11.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos	428
11.4. Medidas de adaptación.....	431
11.4.1. Opciones de adaptación	431
11.4.2. Actividades de adaptación planificada.....	431
11.4.2.1. Escala supranacional.....	433
11.4.2.2. Escala nacional y subnacional.....	433
11.4.2.3. Escala local o municipal.....	434
11.4.3. Actividades de adaptación autónoma.....	434
11.5. Barreras, oportunidades e interacciones.....	435
11.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación	435
11.7. Casos de estudio.....	437
11.7.1. Gestión integral del riesgo en Manizales (Colombia).....	437
11.7.1.1. Resumen del caso	437
11.7.1.2. Introducción a la problemática del caso.....	438
11.7.1.3. Descripción del caso.....	439
11.7.1.4. Limitaciones e interacciones	441
11.7.1.5. Lecciones identificadas.....	442
11.7.2. Planificación urbana en Vargas (Venezuela).....	442
11.7.2.1. Resumen del caso	442
11.7.2.2. Introducción a la problemática del caso.....	442
11.7.2.3. Descripción del caso.....	443
11.7.2.4. Limitaciones e interacciones	443
11.7.2.5. Lecciones identificadas.....	444
11.7.3. Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada (Guerrero, México).....	445
11.7.3.1. Resumen del caso	445
11.7.3.2. Introducción a la problemática del caso.....	445
11.7.3.3. Descripción del caso.....	446
11.7.3.4. Limitaciones e interacciones	447
11.7.3.5. Lecciones identificadas.....	447
11.7.4. Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro (Brasil).....	448
11.7.4.1. Resumen del caso	448
11.7.4.2. Introducción a la problemática del caso.....	448
11.7.4.3. Descripción del caso.....	448
11.7.4.4. Limitaciones e interacciones	449
11.7.4.5. Lecciones identificadas.....	450
11.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias.....	450
11.9. Conclusiones.....	451
Preguntas frecuentes	452
Agradecimientos.....	453
Bibliografía.....	453

Resumen ejecutivo

La gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático son procesos de carácter integral, interinstitucional, multisectorial e interdisciplinar. En general, dan lugar a políticas públicas que tienen los mismos objetivos. No es muy apropiado hablar de adaptación frente a la inestabilidad de laderas —o también frente a los deslizamientos, refiriéndose al problema de forma genérica— sin aludir a la gestión del riesgo de desastres. Promover la gestión del riesgo es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo derivado de la inestabilidad de laderas no necesariamente se asocie al cambio climático en todos los casos.

El aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del calentamiento global es un factor que amplifica la amenaza por inestabilidad de laderas y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos. Ahora bien, el incremento de la amenaza se debe también al deterioro ambiental y a la acción humana, por lo que se considera que esta amenaza es de tipo socionatural. Por otra parte, el aumento del riesgo se debe también al incremento de la vulnerabilidad, que es el resultado de procesos sociales y de la ocupación inapropiada del territorio; es decir, que este tipo de riesgo no se debe solamente a la variabilidad del clima y al cambio climático.

La efectividad de la gestión del riesgo o de la adaptación tiene mucho que ver con el uso de información correcta y de la aplicación idónea de modelos que permitan un diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. El uso de información que no da lugar a acciones claras de intervención conduce a maladaptación. La evaluación apropiada de la amenaza y el riesgo contribuye a la adecuada planificación del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos expuestos, el mejoramiento de barrios, el diseño y construcción de obras de estabilidad y control de la erosión, y a la implementación de medidas tanto estructurales como no estructurales de prevención, de seguros colectivos y de sistemas de alerta frente a los deslizamientos, entre otras.

La intervención de la amenaza, la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia son al mismo tiempo objetivos de la gestión del riesgo y de la adaptación planificada. No obstante, también hay ejemplos de adaptación autónoma asociada a la manera como algunas comunidades han puesto en marcha medidas para evitar la inestabilidad de laderas y sistemas de alerta comunitarios efectivos, en los cuales se ha involucrado apropiadamente a la población. En el caso de la inestabilidad de laderas o deslizamientos, el riesgo y las acciones para la gestión del riesgo y la adaptación son esencialmente locales.

Desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas (aunque esto se podría extender al resto de los sectores), es prioritario lograr que la gestión del riesgo se considere, a todos los efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo. El riesgo es un común denominador de la gestión desde la perspectiva de diferentes enfoques, disciplinas y sectores, como

el desarrollo social y económico, la infraestructura, la protección ambiental, el ordenamiento territorial, la sostenibilidad, la resiliencia, la adaptación al cambio climático y la propia gestión del riesgo, entre otros. Una visión fragmentada de la problemática es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad. Sería deseable que la gestión del riesgo de desastres se impulsase cada vez más como una estrategia de desarrollo, sostenibilidad y transformación, de tal modo que, además de ser una estrategia de anticipación frente al riesgo asociado al cambio climático, también contribuya a la prestación de servicios ecosistémicos y a aumentar la sostenibilidad en la obtención de recursos para las futuras generaciones.

11.1. Introducción

11.1.1. Marco conceptual del capítulo

El marco conceptual de este capítulo tiene dos aspectos principales (**Figura 11.1**). Por un lado, se ilustra esquemáticamente que el riesgo por inestabilidad de laderas es el resultado de la exposición de los sistemas humanos y naturales y de su vulnerabilidad frente a la amenaza que se deriva de este tipo de problema ambiental, caracterizada por eventos naturales o socionaturales, que son, en la mayoría de los casos, resultado de la interacción mutua entre la sociedad y el ambiente. Por otro lado, el diagrama ilustra que la gestión del riesgo y la adaptación son una serie de intervenciones comunes con el objetivo de modificar, correctiva o prospectivamente, las condiciones de vulnerabilidad y de la amenaza, condiciones por las cuales existe el riesgo para la sociedad (Birkmann *et ál.*, 2013a).

Estos dos aspectos ilustran que, en general, existe una construcción social del riesgo y que su gestión tiene como objetivo reducirlo o prevenirlo. La posibilidad de que se produzcan eventos, que pueden ser extremos o no, representa la amenaza de la cual se deriva el riesgo, es decir, el posible impacto económico, social y ambiental que se puede presentar. Este impacto potencial depende tanto de la susceptibilidad y la fragilidad como de la falta de resiliencia de la sociedad —y del ambiente en algunos casos—, y son estos los factores que dan origen a la vulnerabilidad y, por lo tanto, al riesgo prevalente en cada escala territorial (Cardona, 2004b). Por ello, el nivel del riesgo depende de estos factores de la vulnerabilidad y de cómo se concatenan desde el ámbito nivel local hacia el ámbito nacional e internacional (Birkmann *et ál.*, 2013b).

La susceptibilidad y la fragilidad son condiciones de la vulnerabilidad que reflejan la falta de resistencia o capacidad y las debilidades o ausencias expresadas en términos físicos, ecológicos, sociales, económicos, culturales e institucionales. Estos aspectos están relacionados con las dimensiones de la vulnerabilidad o su taxonomía en cada escala o ámbito territorial. Además, la falta de resiliencia es otro factor de vulnerabilidad especialmente relevante, que refleja el nivel de capacidad de la sociedad para anticipar el impacto y recu-



Figura 11.1. Marco conceptual del riesgo y la gestión del riesgo. Incorpora los elementos necesarios para realizar, al mismo tiempo, la adaptación.
 Fuente: adaptado a partir de Cardona, 1999: 65; Cardona y Barbat, 2000; Carreño et ál., 2007; Birkmann et ál., 2013a.

perarse (ver definiciones en el **Glosario** para mayor detalle). Es decir, para intervenir de forma proactiva las condiciones de riesgo, para adaptarse y prepararse frente a los futuros eventos peligrosos, así como también para enfrentar de manera eficiente dichos eventos cuando se presenten y recuperarse. La falta de estas capacidades es un factor de vulnerabilidad importante que también está asociado a las fragilidades existentes en términos institucionales, sociales, económicos y culturales (Cardona, 1993).

La identificación y la toma de consciencia sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo son pasos esenciales para establecer una gestión integral del riesgo efectiva desde la perspectiva no solo de las amenazas climáticas, sino también geológicas e incluso antropogénicas o tecnológicas. Una buena gobernanza implica promover las condiciones adecuadas para la organización y la gestión institucional y comunitaria para fomentar la comprensión y la reducción del riesgo. En el caso de los eventos relacionados con el clima, la gestión del riesgo es equivalente a la adaptación frente

a la variabilidad del clima y frente al cambio climático. Es posible reducir el riesgo y enfrentar de manera eficiente los desastres mediante acciones preventivas como la reducción/mitigación y la transferencia del riesgo, así como la preparación y el manejo de desastres; este último, como una acción reactiva, que se refiere a la respuesta, la rehabilitación y la recuperación después del desastre.

Todas estas acciones preventivas y reactivas están dirigidas a la intervención de la amenaza, siempre que esto sea posible y factible, pero fundamentalmente a la intervención de la vulnerabilidad, reduciendo la exposición en áreas propensas, su susceptibilidad y su fragilidad, promoviendo la resiliencia. Cuando la gobernanza del riesgo logra una buena gestión del riesgo, estas intervenciones son más efectivas y derivan en la reducción de la amenaza, de la vulnerabilidad y, por lo tanto, del riesgo mismo. En resumen, una buena gestión del riesgo significa llevar a cabo intervenciones correctivas y prospectivas que lo reduzcan y que permitan responder de manera eficiente en caso de desastre (**Figura 11.2**).



Figura 11.2. Acciones preventivas y reactivas de adaptación y gestión del riesgo que se derivan de la construcción social del riesgo desde una perspectiva holística. Fuentes: Cardona, 2001, 2019; UNISDR, 2017a.

Asimismo, para que la gestión del riesgo sea entendida como adaptación y sea efectiva, debe ser integral y producto de un trabajo interinstitucional, multisectorial e interdisciplinario. En el caso de la inestabilidad de laderas, la gestión del riesgo significa una adaptación planificada, a la cual poco se ha hecho referencia hasta ahora en los documentos que la promueven en Iberoamérica. No lograr una efectiva gestión del riesgo significa no avanzar en materia de adaptación e incluso contribuir al aumento de la vulnerabilidad.

11.1.2. Principales cifras del sector o sistema

Existen diversas entidades internacionales que realizan informes de carácter anual sobre eventos de tipo climático, geológico, biológico y tecnológico que han derivado en desastres y sobre las pérdidas asociadas a dichos eventos. Algunos de estos registros son reportados por los Gobiernos de los países o por reaseguradoras o entidades como la Cruz Roja o por el Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, que administra la base de datos de desastres EM-DAT), que tiene cerca de 23.000 desastres registrados desde 1900. De igual forma, en el sitio web de la UNDRR (antes UNISDR) se pueden encontrar estos informes anuales y otros con las cifras acumuladas por

periodos. En el informe del CRED y la UNISDR (2018) sobre los desastres que se presentaron entre 1998 y 2007 se señala que en dicho periodo sucedieron 378 desastres por inestabilidad de laderas, lo que equivale al 5,2 % del número total de desastres que se hubo en todo el mundo en esas fechas. Por su parte, Hidalgo (2015) realizó una evaluación utilizando la misma base de datos y de 863 desastres registrados en Suramérica durante cinco décadas 109 fueron causados por inestabilidad de laderas (deslizamientos); *i.e.*, el 12,6 % (Pivetta, 2016).

Debido a que la definición de desastre en la base de datos EM-DAT significa que se han presentado al menos 10 fallecidos, 100 afectados, se ha hecho una declaración oficial de desastre o se ha requerido la ayuda internacional, los desastres menores no han sido registrados y muchos de ellos pueden ser debidos a la inestabilidad de laderas por su naturaleza puntual. Por esta razón, desde mediados de los años noventa la Corporación OSSO y La RED desarrollaron la base de datos DesInventar (2019), que se ha utilizado para registrar los efectos a nivel municipal o local en la mayoría de los países de América el Sur, Centroamérica y en cerca de 80 países a nivel mundial, con apoyo de la UNISDR. La diferencia en número de eventos es notable: Marulanda *et ál.* (2006, 2010) ilustran que, en Colombia, mientras EM-DAT entre 1971 y 2002 registró 97 eventos, DesInventar registró 19.202. Por esta razón, la UNISDR en

sus informes GAR desde 2009 hasta el 2017 realizó análisis que permitieron plantear que el impacto de los eventos menores, considerado como la manifestación de riesgo extensivo, en contraste con el de los eventos catastróficos, o derivados de riesgo intensivo, es muy relevante. En el GAR 2015 se señala que los deslizamientos entre 1990 y 2013 han sido la causa del 10 % de los desastres entre 1990 y 2013 a nivel mundial. Por su parte, la Corporación OSSO (2013) indica que en 22 países de Latinoamérica y el Caribe el 9 % de las pérdidas humanas, el 6 % de las viviendas destruidas y el 2 % de las personas afectadas (es decir, que perdieron sus medios de sustento) en la región han sido resultado de deslizamientos. Cabe señalar que la diferencia en el número de eventos entre el DesInventar y EM-DAT es enorme. DesInventar tiene registrados 349.345 desastres en 82 países desde 1900, lo que contrasta con los 23.000 desastres registrados en la base de datos EM-DAT en todo el mundo desde la misma fecha.

11.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático

En el caso específico de la inestabilidad de laderas —o deslizamientos—, el aumento de la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones, a causa de la variabilidad del clima y el cambio climático, se refleja en una amplificación o aumento de la amenaza y, por lo tanto, del riesgo para los elementos expuestos. También la sequedad extrema o el deshielo de áreas de permafrost pueden contribuir a la inestabilidad de laderas. Sin embargo, esta amenaza también se incrementa debido al deterioro ambiental, a la deforestación, la degradación de cuencas, y, por lo tanto, esta amenaza se puede considerar de tipo socionatural. Ahora bien, el riesgo también aumenta debido a la existencia e incremento de la vulnerabilidad, la cual es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio. Otros factores, como la degradación de tierras, la minería, las excavaciones, la carga de taludes, la construcción inadecuada, las vibraciones artificiales, los sistemas de alcantarillado y drenaje deficientes, no planeados o inexistentes, también pueden exacerbar la amenaza y la vulnerabilidad en sus diferentes dimensiones (física, social, económica, cultural, institucional, ecológica).

11.1.4. Revisión de informes previos

Los eventos que se derivan de la inestabilidad de taludes, a los cuales el IPCC se refiere en general como deslizamientos, no son abordados de forma específica (a diferencia de otros eventos hidrometeorológicos) debido a que se considera que no son sucesos que se puedan atribuir exclusivamente al cambio climático. Sin embargo, teniendo en cuenta que el calentamiento global conduce a una mayor frecuencia e intensidad en las precipitaciones (IPCC, 2014), se puede esperar un aumento en la frecuencia de eventos asociados a la inestabilidad de laderas por el aumento de

las precipitaciones en algunos lugares. En general, si bien los estudios al respecto son escasos, algunos concluyen que existe una alta correlación de este tipo de eventos con las precipitaciones estacionales derivadas de la variabilidad climática (Froude y Petley, 2018). También señalan que otros factores, como las construcciones, la minería legal e ilegal, entre otros, son disparadores de la mayoría de los deslizamientos que registran pérdidas humanas. Estos autores indican que, de un análisis entre 2004 y 2016 a nivel global, algunas de las áreas de mayor incidencia de los eventos de inestabilidad de laderas se encuentran en la región de Centroamérica entre Costa Rica y el sur de México y en América del Sur a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, con una menor incidencia en Chile, y con otro sitio de concentración en la costa este de Brasil: en los estados de São Paulo y Río de Janeiro. En resumen, aunque existen cada vez más estudios climáticos y sobre lluvias en todos los países, pocos hacen correlaciones con los registros de inestabilidad de laderas dado que son eventos muy puntuales y se requiere información subnacional detallada (Naranjo et al., 2019).

11.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema

11.2.1. Amenazas

11.2.1.1. Conceptos fundamentales

Los procesos de remoción en masa, movimientos gravitacionales del terreno o de vertientes, son procesos exógenos del relieve a través de los cuales se manifiesta la inestabilidad de las laderas (Alcántara-Ayala, 2016; Mora, 2018). Son movimientos de masas de suelo los derrubios o detritos, rocas, hielo o nieve —o la combinación de algunos de estos— que ocurren en una ladera como resultado del efecto de la gravedad cuando los esfuerzos cortantes exceden la resistencia al corte de los materiales que la constituyen. Estos movimientos de masa, que caracterizan la inestabilidad de laderas, están determinados por distintos factores, los cuales pueden ser de origen interno o externo (Terzaghi, 1950; Selby, 1993).

Los factores de origen interno generalmente disminuyen la resistencia de los materiales sin cambiar el estado de esfuerzos. Estos factores están asociados fundamentalmente con la transformación de los materiales a través de movimientos progresivos y con procesos de intemperismo y de erosión. Los factores de origen externo, por su parte, producen un incremento en los esfuerzos, pero usualmente no influyen en la resistencia de los materiales. Estos incluyen los cambios que sufren las laderas en su peso o geometría debido a la remoción de la base o soporte lateral

por erosión, socavamiento, incisión de un río, excavaciones artificiales, cargas y descargas (Copons et ál., 2004; Corominas y Mavrouli, 2010). También incluyen los esfuerzos transitorios naturales y artificiales a los que son expuestas las laderas (como pueden ser los sismos, vibraciones por explosiones, uso de maquinaria pesada, camiones, etc.) y los cambios en el régimen hidrológico, como la intensidad y duración de las precipitaciones, el derretimiento rápido de nieve, etc. (Alcántara-Ayala, 2000; Vilaplana et ál., 2008; Copons, 2010; Corominas et ál., 2003). En Iberoamérica, en todas las regiones donde existen áreas montañosas se presentan este tipo de eventos. En particular son más frecuentes en zonas de alta montaña, como la cordillera de los Andes (Naranjo et ál., 2019), los Pirineos (en la Península Ibérica) y otras áreas donde la topografía es abrupta y existen altas pendientes.

Existen diversas clasificaciones tipológicas de movimientos de masa en función de los atributos morfológicos de la superficie de ruptura y depósito; el tipo y velocidad del movimiento; el tamaño y tipo de los materiales involucrados; la antigüedad del movimiento; el grado de actividad y el tipo climático (Alcántara-Ayala, 2000; Mora, 2018). En una ver-

sión actualizada de la clasificación de Varnes (Tabla 11.1), Hungr et ál. (2014) incorporaron la caracterización de los materiales y de los mecanismos de los movimientos. Como resultado pudieron definir 32 tipos de inestabilidad de laderas, los cuales son fundamentales para el entendimiento de su dinámica y requerimiento primordial en la elaboración de inventarios y otro tipo de cartografía relacionada.

Aunque algunos prefieren utilizar, por facilidad, el término deslizamientos para referirse de manera general a los eventos, movimientos o procesos asociados a la inestabilidad de laderas, en rigor los deslizamientos son un tipo de remoción o movimiento de masa. En este capítulo se utiliza el término como sinónimo, haciendo la salvedad, y para señalar que en general los deslizamientos se caracterizan por ser sistemas físicos que se desarrollan en el tiempo, a través de varias etapas, y que para que se presenten se requiere de la combinación tanto de factores determinantes o condicionantes como de factores desencadenantes (Terzaghi, 1950). Los primeros son aquellos factores que condicionan o tienen influencia en la estabilidad de la ladera a través del tiempo, en tanto que los factores detonantes son los procesos o eventos específicos que desencadenan el evento de manera

Tabla 11.1. Clasificación de movimientos que caracterizan la inestabilidad de laderas. Fuente: modificada a partir de la clasificación propuesta por Varnes (Hungr et ál., 2014).

Tipo de movimiento	Roca	Suelo
Caída o desprendimiento	Caída de rocas/hielo	Caída de bloques de suelo/derrubios o detritos/limo
Vuelco	Desplome de rocas	Vuelco de gravas/arenas/limos
	Vuelco de rocas por flexión	
Deslizamiento	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de arcillas/limos
	Deslizamiento plano de rocas	Deslizamiento plano de arcillas/limos
	Deslizamiento de rocas en cuña	Deslizamiento de gravas/arenas/derrubios o detritos
	Deslizamiento de rocas compuesto	Deslizamiento compuesto de arcillas/limos
	Deslizamiento irregular en rocas	
Expansión lateral	Expansión lateral en rocas	Expansión lateral por licuefacción de arenas/limos
		Expansión lateral de arcillas sensibles
Flujo	Avalancha o alud de rocas/hielo	Golpes de arena/limo/derrubios o detritos secos
		Flujos deslizantes de arenas/limos/derrubios o detritos
		Flujos deslizantes de arcillas sensibles
		Corrientes de derrubios o detritos
		Flujos de lodo o coladas de barro
		Inundación o crecida repentina de derrubios o detritos
		Avalancha o alud de derrubios o detritos
		Coladas de tierra
Flujo de turba		
Deformación de ladera	Deformación de ladera de montaña	Deformación de ladera de suelo
	Deformación de ladera rocosa	Reptación
		Soliflucción

usualmente súbita. Ambos factores pueden ser de origen natural o antrópico.

Los principales mecanismos desencadenantes, de origen natural, son la precipitación, la sismicidad, la actividad volcánica, así como los procesos de incisión o socavación que resultan del aumento en el nivel de arroyos, lagos y ríos, océanos, o en los que de manera súbita se genera erosión diferencial intensa en cualquier ambiente climático; por ejemplo, la gelifracción. Las explosiones inducidas, excavaciones y sobrecargas de una ladera, llenados de embalses y las fugas de agua de tuberías son los factores detonadores antrópicos típicos (Corpocaldas, 1998).

Los deslizamientos pueden considerarse una amenaza natural cuando los factores que controlan la inestabilidad de las laderas están exclusivamente asociados a procesos geológicos, geomorfológicos y físicos; es decir, son el resultado exclusivo de la dinámica natural y la posibilidad de que se presenten puede derivar en que haya consecuencias adversas para la sociedad. No obstante, gran parte de estos eventos son en realidad amenazas socionaturales, ya que son generados por la confluencia o correspondencia de la geodinámica natural y la intervención humana en el ambiente; es decir, a través de las prácticas sociales (Lavell 1996; Cardona et ál., 2010), como la degradación ambiental de cuencas, la deforestación, construcción de carreteras, degradación de tierras, minería inapropiada, excavaciones, carga de taludes, construcción inadecuada de presas y terrazas, vibraciones artificiales, sistemas de agua, alcantarillado y drenaje deficientes, no planeados o inexistentes, entre otras (Suárez, 2009).

La precipitación es uno de los mecanismos detonadores primordiales de la inestabilidad de laderas, ya que puede provocar el incremento de la presión intersticial debido a la saturación de los materiales formadores de las laderas y, por ende, causar el ascenso del nivel freático, la reducción de la cohesión y el incremento en las presiones de poro. El establecimiento de umbrales de precipitación para definir los niveles a partir de los cuales se materializa el detonante de la inestabilidad de laderas requiere el conocimiento de las condiciones de precipitación antecedente y total acumulada, intensidad y duración (Correa et ál., 2019). Dado que se concibe que el calentamiento global conduce a una mayor frecuencia y magnitud de precipitaciones (IPCC, 2014), también es de esperarse un aumento en la frecuencia de este tipo de eventos.

Es importante señalar que, de manera adicional a su carácter de amenaza socionatural generada por la influencia de las prácticas sociales en el ambiente, la exposición de la población a los eventos de inestabilidad de laderas está relacionada con los modos de vida y prácticas sociales dentro de la esfera de la vulnerabilidad. Esto es aún más relevante en la medida en que se considera que la causalidad del calentamiento global está directamente vinculada a la intervención humana en los ecosistemas y procesos atmosféricos, por lo que los desequilibrios asociados a la variabilidad y el cambio climático, con elevado potencial de afectar a la

estabilidad de las laderas, quedan de manifiesto a través de la materialización de eventos físicos más extremos y de mayor intensidad, magnitud y recurrencia, incluyendo evidentemente la inestabilidad de laderas (*i.e.*, los deslizamientos) (Narváez et ál., 2009).

11.2.1.2. Evaluación y cartografía

El análisis o evaluación de la amenaza por inestabilidad de taludes involucra la identificación, reconocimiento y caracterización de movimientos gravitacionales con potencial de afectación sobre las sociedades, sus bienes materiales y ambientales. Los aspectos fundamentales para tener en cuenta en dicha evaluación son la tipología, mecanismos de ruptura, propiedades de los materiales involucrados, grado de actividad, extensión física, condiciones o factores determinantes y desencadenantes, umbrales de activación, movilidad, velocidad, magnitud y frecuencia de eventos (Alcántara-Ayala, 2016). Reiteradamente este tipo de análisis de amenaza se utiliza de forma errónea como sinónimo de evaluación del riesgo, especialmente en algunos productos cartográficos. Sin embargo, debe quedar claro que la evaluación del riesgo posee un nivel de complejidad mucho mayor, ya que requiere del análisis de los elementos expuestos y de su vulnerabilidad.

Existe un gran número de métodos para evaluar la amenaza por inestabilidad de taludes que han surgido desde la perspectiva de diversos dominios disciplinarios. Las técnicas más utilizadas incluyen documentación histórica, evaluaciones de campo, fotogrametría, generación de inventarios (Guzzetti et ál., 2012), datación, instrumentación, observación, vigilancia y uso de métodos heurísticos (Crozier y Glade, 2004), estadísticos (Remondo et ál., 2005), determinísticos (Cervi et ál., 2010), frecuentistas y probabilistas (Londoño, 2016). Ciertamente el empleo de sistemas de información geográfica (SIG) (Carrara et ál., 1995), teledetección (Metternich et ál., 2005) y modelación de movimientos ha brindado la posibilidad de mejorar y simplificar el análisis de la dimensión espaciotemporal de lo que genéricamente se denomina deslizamiento. Asimismo, desarrollos tecnológicos, como el LiDAR y los vehículos aéreos no tripulados o drones, facilitan su reconocimiento, observación y vigilancia. Dada la multidimensionalidad de este tipo de procesos o movimientos exógenos, la combinación de diferentes enfoques es usualmente la mejor opción; sin embargo, dependiendo del objetivo o propósito de la evaluación, unas u otras técnicas son más apropiadas, según el nivel de resolución requerido y de los insumos de información necesarios (França, 2010; Londoño, 2016).

Además de la localización, área, atributos morfológicos y características generales de los diferentes tipos de movimientos, expresados comúnmente en los inventarios, la generación de mapas de amenaza por inestabilidad de laderas involucra la sectorización del terreno en zonas que se definen por la probabilidad espacial y temporal de que este tipo de procesos se presenten, y en los que se hace referen-

cia a la intensidad o potencial destructivo de un movimiento del terreno, reflejado en la máxima velocidad y profundidad, área y distancia de la zona de propagación, espesor del depósito, etc. (Guzzetti, 2006).

Debe señalarse que la cartografía depende de la disponibilidad y precisión de la información, por lo que la posibilidad de elaborar mapas de susceptibilidad de deslizamientos es más común que la de los de amenaza. Los primeros incluyen, de manera cuantitativa o cualitativa, la probabilidad espacial de que ocurra un evento o movimiento en una ubicación determinada en función de las condiciones del terreno sin considerar su magnitud y frecuencia (estas últimas, características fundamentales de los mapas de amenaza).

Los inventarios, información topográfica, geomorfológica (especialmente morfométrica), geológica (litología y características estructurales), geotécnica, edafológica, hidrológica y de vegetación y uso del suelo son insumos esenciales para la elaboración de mapas de amenaza (Aristizabal y Hermelin, 2010). Estos deben incluir la tipología de los movimientos, mecanismos de ruptura, extensión física, condiciones o factores desencadenantes, movilidad, magnitud y frecuencia. Para conocer el grado de amenaza, es necesario saber el sitio en que los eventos o deslizamientos pueden ocurrir; es decir, se debe contar con un mapa de susceptibilidad, el cual debe complementarse con la frecuencia y la magnitud de los procesos, lo que implica una probabilidad en el tiempo del tamaño y del potencial de efectos o impactos. La probabilidad de tener precipitaciones intensas o sismos que pueden detonar procesos de inestabilidad de laderas o deslizamientos es un dato fundamental, pero pocas veces incorporado de forma apropiada.

Las técnicas empleadas para la elaboración de mapas de amenaza dependen de la escala de evaluación. No obstante, debido a la heterogeneidad de los materiales que constituyen las laderas, aun en una misma unidad litológica o unidad del relieve, el grado de certidumbre de las zonificaciones aumenta con la escala de trabajo. Es decir, mapas a mayor escala muestran mayor detalle, y en consecuencia representan de mejor manera los atributos y dinámica de los procesos de inestabilidad de laderas y las características geotécnicas que en escalas mayores son ineludibles; por ejemplo, para hacer obras de estabilidad o de reducción de la amenaza.

De acuerdo con Van Westen (2000), hay tres perspectivas principales para la generación de mapas de susceptibilidad y amenaza por deslizamientos a través de SIG: (1) enfoque heurístico cualitativo, (2) enfoques estadísticos cuantitativos, y (3) enfoque determinístico (Figura 11.3).

A escala local, la generación de cartografía de amenaza por inestabilidad de laderas se enriquece con el análisis detallado de los factores que condicionan y desencadenan la ocurrencia de estos procesos a través de observaciones, muestreo, instrumentación y vigilancia en campo. Entre ellos, la definición de unidades geomorfológicas (morfogénesis y morfometría), propiedades geológicas (litología y estructuras), hidrogeológicas (permeabilidad, nivel freático), y geomecánicas de los materiales (resistencia, cohesión y fricción), así como la identificación de antiguos movimientos son de gran relevancia. Todo ello desde una perspectiva técnica especializada (Cardona *et ál.*, 2012).

De manera complementaria, es también ineludible considerar el diagnóstico y la representación que la comunidad tiene de su territorio, por lo que es recomendable realizar cartografía comunitaria o participativa. Esta última puede incluir criterios cualitativos simples para identificar el nivel de amenaza por inestabilidad de taludes en sitios específicos (CENAPRED, 2004) a partir de las características topográficas (inclinación y altura de las laderas), geomorfológicas (evidencias de hundimientos o depresiones), geológicas (litología y aspectos estructurales) y geotécnicas de los materiales (condiciones de suelos y rocas), las condiciones ambientales imperantes y futuras (vegetación, uso del suelo, régimen hidrológico en un clima cambiante), la historia de eventos en la localidad y los síntomas de inestabilidad existentes (presencia de grietas, escalonamientos o escarpes, bardas, árboles, y muros inclinados), así como las prácticas sociales (deforestación,

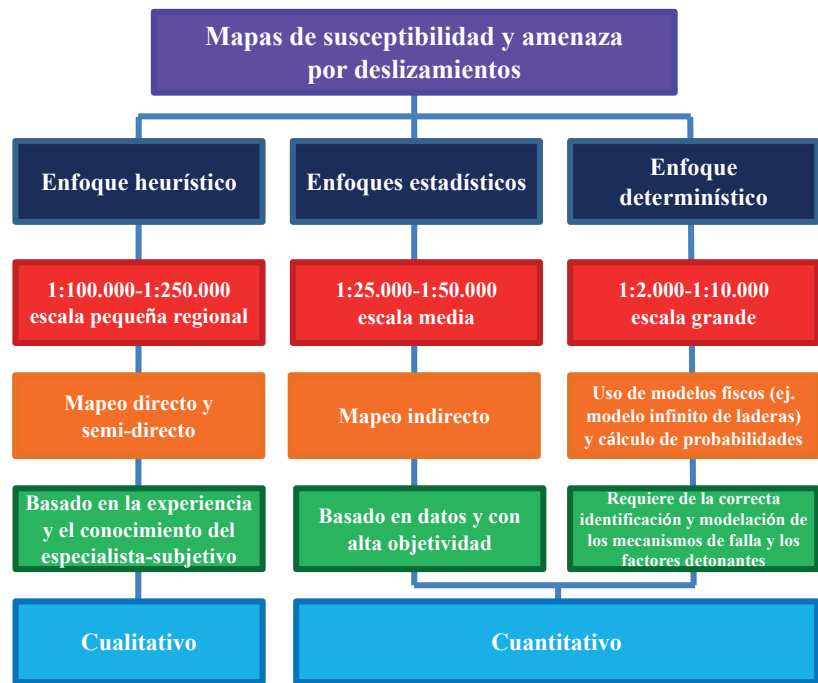


Figura 11.3. Enfoques para el desarrollo de cartografía de susceptibilidad y amenaza por deslizamientos usando SIG. Fuente: elaboración propia basada en Van Westen (2000).

minería, etc.) que favorecen la inestabilidad de laderas (SGC, 2016, 2017). Este tipo de coproducción del conocimiento brinda la posibilidad de informar y sensibilizar a la población acerca de la causalidad de la inestabilidad de laderas, especialmente de transmitir el carácter socionatural de los deslizamientos y la necesidad de participar en el manejo adecuado del territorio.

11.2.2. Exposición

En general, todos los procesos de inestabilidad de laderas pueden afectar gravemente a viviendas y otras edificaciones expuestas. Esto se presenta de manera recurrente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias, poblaciones pequeñas y en zonas rurales montañosas. También es común que estén expuestas a estos eventos infraestructuras y redes de servicios públicos de agua y alcantarillado, redes de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos, torres de energía. Estas líneas vitales o redes de servicios en áreas montañosas pueden ser afectadas por la inestabilidad de laderas y la erosión del suelo, que también afectan, de manera preocupante, a cuencas hidrográficas en muchos países. Los efectos de la inestabilidad de laderas o de los deslizamientos, por lo tanto, son notables, continuos y recurrentes, pero además causan importantes pérdidas de vidas y económicas cada año debido a las precipitaciones, tormentas y ciclones tropicales y su posible aumento en intensidad y frecuencia por el calentamiento global. Estas pérdidas extensivas y acumuladas pueden compararse con las pérdidas por otros eventos extremos intensos que ocurren menos frecuentemente.

11.2.3. Vulnerabilidad

En primera instancia, el daño factible y la pérdida potencial debidos a eventos de inestabilidad de laderas lo determina la vulnerabilidad física, que depende de las condiciones que favorecen que haya daños y pérdidas cuando se presenta un evento. Los bienes expuestos, frágiles o susceptibles a ser afectados, por su ubicación desfavorable o por las deficiencias de resistencia que pueden tener, ante la acción de los eventos factibles dan cuenta del riesgo desde el punto de vista físico. Esos bienes pueden ser viviendas u otras edificaciones, servicios públicos, vías y todos aquellos elementos que pueden ser dañados o destruidos.

Debido a problemas de tenencia de la tierra, en buena parte de la región, a menudo en áreas expuestas a la amenaza por deslizamientos, se construyen viviendas precarias, con notables deficiencias de todo tipo que posteriormente se consolidan en asentamientos humanos en condiciones marginales. Aunque las primeras viviendas, construidas con materiales livianos, no desestabilicen el terreno, posteriormente, cuando se construyen viviendas con materiales más pesados y se realizan cortes y rellenos de forma inapropia-

da y sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado ineficientes, sin cumplir con las mínimas especificaciones de construcción en dichas áreas propensas a eventos, el riesgo aumenta de manera importante debido a la informalidad, marginalidad y exclusión; es decir, a fragilidades sociales y a la falta de resiliencia del asentamiento humano por la ausencia del control urbano y la debilidad de la gobernanza (Viand y Briones, 2015). Aún más, la amenaza en muchas ocasiones aumenta por el mal manejo de aguas superficiales de escorrentía o subterráneas, por procesos de inestabilidad de laderas inducidos y por el inapropiado uso del suelo en áreas urbanas. En zonas rurales estos procesos de inestabilidad se exacerban debido a la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, el uso de prácticas agrícolas no adecuadas a la tipología del terreno o la explotación minera inadecuada. Por otra parte, en muchas ocasiones no es difícil deducir que la vulnerabilidad física se deriva de los factores sociales, económicos, ambientales y de gobernanza que la producen o amplifican (Chardon, 2002; D'Ércole y Trujillo, 2003). En general, en la mayoría de las ciudades de la región existen problemas urbanos, relacionados con áreas marginales y asentamientos humanos precarios y pobres, que se unen a problemas ambientales, de deterioro de cuencas hidrográficas o del entorno, presiones demográficas, como la migración del campo a la ciudad, y otras problemáticas sociales de falta de resiliencia y ausencia de la institucionalidad (**Figura 11.4**). Por ello, se puede concluir que la vulnerabilidad en realidad tiene diferentes dimensiones y que para reducir el riesgo es necesario tener todos estos aspectos en cuenta (Blaikie *et ál.*, 1996; Wisner *et ál.*, 2004; Mendes, 2014).

En resumen, es inocuo o insuficiente para la adaptación tener en cuenta solo los factores que determinan o aumentan la amenaza de inestabilidad de laderas, o que caracterizan solo la vulnerabilidad física, pues para ser efectivos es necesario intervenir las causas de dicha vulnerabilidad. La efectividad de los procesos de adaptación o de gestión del riesgo implica la integralidad de acciones en el marco de la planificación del desarrollo y la búsqueda de la sostenibilidad mediante una gestión en el ámbito socioeconómico, ambiental y cultural que dé cuenta de las demás dimensiones de vulnerabilidad y resiliencia (Cardona *et ál.*, 2017b).

11.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

En general, el incremento de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones es un factor que amplifica la amenaza y el riesgo. Sin embargo, el aumento de eventos por inestabilidad de laderas en Iberoamérica se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, lo que hace difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático. Por su parte, la vulnerabilidad de la población de bajos ingresos se ha incrementado debido a su localización en áreas propensas a estos eventos, lo que ha sido impulsado por el aumen-

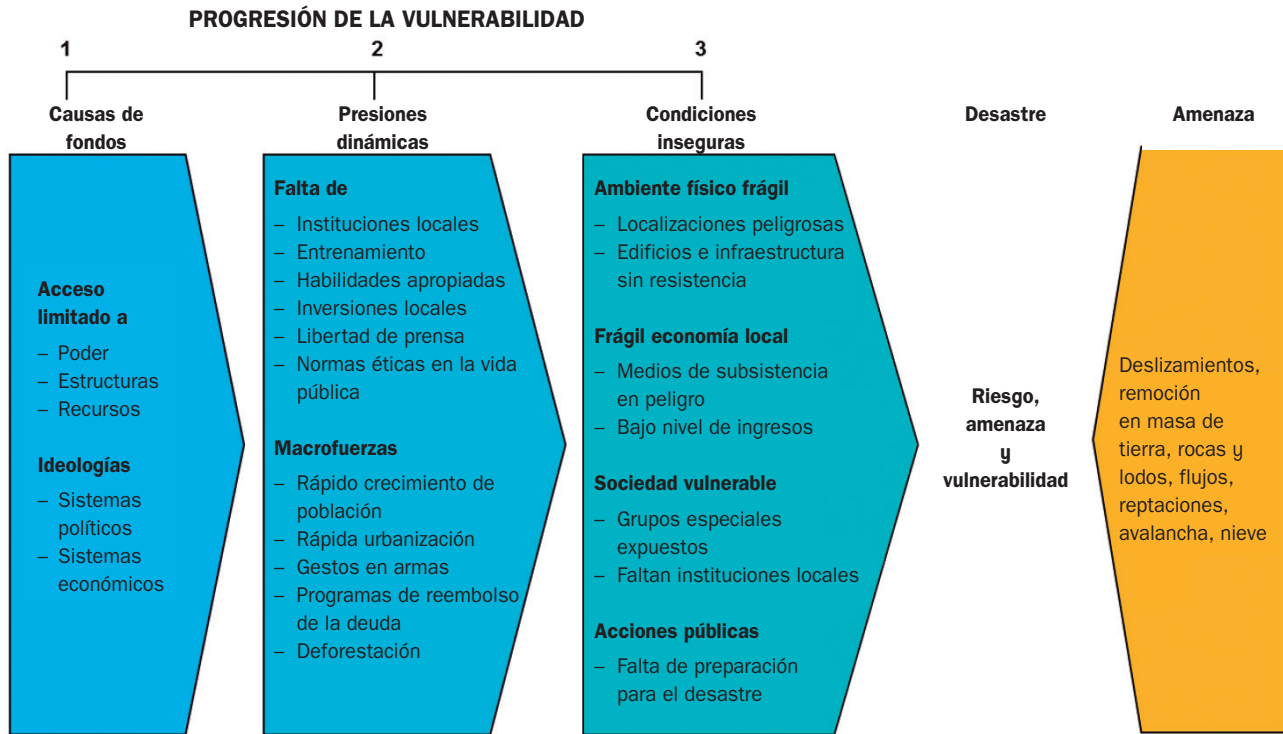


Figura 11.4. La vulnerabilidad: sus causas de fondo, presiones dinámicas y condiciones inseguras. *Fuente:* modificada a partir de Blaikie et al. (1996).

to en las presiones demográficas, la exclusión, la pobreza, la inequidad, y la falta de control urbano y de ordenamiento territorial apropiado. Esto ha derivado en la región en:

- Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, pérdida de vidas y económicas, principalmente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias, ubicados en laderas, en poblaciones pequeñas sin muchos recursos y en zonas rurales en áreas montañosas de México, Centroamérica y el Caribe, la cordillera de los Andes y la Península Ibérica. Es una situación de riesgo importante en muchas áreas periféricas y exige urgentemente planificación territorial y obras de estabilidad.
- Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de servicios públicos de agua y alcantarillado, pérdida de vidas y económicas en áreas urbanas de ciudades, y también en pequeñas poblaciones de áreas montañosas, sobre todo en México, Centroamérica y el Caribe y a lo largo de la cordillera de los Andes. También es urgente enfrentar estas situaciones debido a su importancia no solo para las poblaciones expuestas a la inestabilidad de laderas, sino también para toda la población de los centros urbanos que requiere la prestación de servicios confiables y seguros.
- Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos,

poliductos y torres de energía en áreas de montaña de México, Centroamérica y el Caribe, la cordillera de los Andes y la Península Ibérica, lo que deriva en altos costos de mantenimiento. Aunque esta problemática no tiene la misma gravedad o importancia que en el caso de los asentamientos humanos, donde se pierden más vidas por deslizamientos, la urgencia de lograr que la infraestructura sea más segura y resiliente es muy alta en todos los países.

- Deterioro de cuencas hidrográficas debido a la erosión y procesos geodinámicos no controlados en zonas rurales, pérdida del suelo, afectación de ecosistemas, cultivos y otros medios de sustento, un problema especialmente importante desde el punto de vista ambiental. En parte se debe a la deforestación e igualmente implica acciones urgentes en las áreas de montaña, sobre todo de México, Centroamérica y el Caribe y a todo lo largo de la cordillera de los Andes.

Se puede concluir que el aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del calentamiento global es un factor que amplifica la amenaza por inestabilidad de laderas o, en general, por deslizamientos y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos, que son asentamientos humanos e infraestructura que están siendo afectados de manera recurrente. El incremento de la amenaza por este tipo de eventos se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, por lo

que se considera que este tipo de peligro es una amenaza sicionatural. El incremento del riesgo por inestabilidad de laderas se debe también al aumento de la vulnerabilidad, que es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio; *i.e.*, este tipo de riesgo no se debe solamente a la variabilidad y el cambio climático. La **Figura 11.5** presenta un resumen de los efectos directos de los eventos de inestabilidad de taludes o deslizamientos en Iberoamérica.

Una mirada a la región de América del Sur indica que la cordillera de los Andes, que recorre el oeste de la región, y otros sistemas montañosos aislados son especialmente susceptibles a que se presenten procesos de inestabilidad de laderas, debido a sus características geodinámicas y climáticas. El riesgo por inestabilidad de laderas en la región no solo se debe al exceso de lluvias, sino también a procesos de deterioro ambiental, deforestación, degradación de cuencas y el aumento de múltiples procesos de vulnerabilidad física

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, pérdida de vidas y económicas, principalmente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias ubicados en laderas.		●	●	
Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de servicios públicos de agua y alcantarillado, pérdida de vidas y económicas en asentamientos humanos de diferentes escalas: ciudades y pequeñas poblaciones de zonas montañosas.		●	●	
Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos y torres de energía en zonas de montaña.		●	●	
Deterioro de cuencas hidrográficas debido a la erosión y procesos geodinámicos no controlados en zonas rurales, pérdida del suelo, y afectación de ecosistemas, cultivos y otros medios de sustento.		●	●	
Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, y pérdida de vidas y económicas en pequeños centros urbanos y asentamientos humanos en áreas rurales en zonas de montaña.		●	●	

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Sequía
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO₂

Importancia. Se asignó uno de los siguientes niveles: ● poco importante, ● importante y ● muy importante en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia. Se asignó uno de los tres niveles siguientes: ● inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), ● a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), ● a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 11.5. Principales riesgos identificados en el ámbito de la inestabilidad de laderas. Fuente: elaboración propia.

y social de asentamientos humanos, que, además, a su vez son impulsores del riesgo. Y también es posible afirmar que la efectividad de la gestión del riesgo o de la adaptación frente a la inestabilidad de laderas —o deslizamientos— tiene mucho que ver con el uso de información relevante y la aplicación idónea de modelos que permitan un diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones.

11.4. Medidas de adaptación

11.4.1. Opciones de adaptación

En diferentes lugares de los sitios de montaña en Iberoamérica, las comunidades han desarrollado técnicas de estabilidad y de terrazas escalonadas con piedra y madera, e incluso con bambú, que en algunos casos han sido acertadas, pero también perecedoras, con posteriores inconvenientes cuando pierden su capacidad. Estas obras son ejemplo de adaptación dura que se ha realizado desde hace muchos años para enfrentar la inestabilidad de laderas. En otros lugares se han desarrollado sistemas de radio para la comunicación entre sitios de observación y poblaciones expuestas a deslizamientos que han permitido desplegar sistemas de alerta sencillos con sirenas e incluso altavoces, que se activan por contactos eléctricos o rupturas de alambres que juegan el papel de sensores. Estos sistemas de alerta son un ejemplo de adaptación blanda al implicar procesos comunitarios basados en educación, capacitación e información pública y en ocasiones han sido resultado de adaptación autónoma. De igual manera, los sistemas de gestión del riesgo de desastres, con una visión integral y no solo asociados con la preparación y respuesta a emergencias, sino también con el ordenamiento territorial, la planificación urbana y la transferencia del riesgo, han demostrado ser efectivos en lograr la adaptación en el caso de la inestabilidad de laderas y son ejemplos de adaptación planificada en diferentes ámbitos territoriales. En general, en el caso de la inestabilidad de laderas las siguientes son acciones y medidas de adaptación o gestión del riesgo ineludibles para reducirlo:

- Evaluación apropiada de la amenaza y el riesgo de deslizamientos con rigor y apropiados estándares técnicos, que informe la toma de decisiones de manera consistente y robusta.
- Incorporación de la amenaza y el riesgo como determinantes de la planificación territorial en cuencas hidrográficas y áreas urbanas y para el diseño y construcción de infraestructura.
- Definición de medidas de intervención correctivas, prospectivas y prescriptivas en el ordenamiento territorial según el grado de amenaza y riesgo por inestabilidad de taludes.
- Mantenimiento y adecuación de infraestructura con el fin de elevar su nivel de resiliencia, considerando debidamente la susceptibilidad y la amenaza de deslizamientos.

- Diseño idóneo y construcción de obras de estabilidad de taludes y control de la erosión, y consideración de soluciones efectivas basadas en ecosistemas (SbE) y en la naturaleza (SbN).
- Desarrollo de redes de observación y monitoreo de lluvias y de deslizamientos para mayor conocimiento y calibración de susceptibilidad, detonantes y umbrales de inestabilidad.
- Formulación de estrategias de protección financiera, como seguros colectivos, instrumentos paramétricos para contar con recursos oportunos y rápidos en caso de deslizamientos.
- Implementación de sistemas de alerta y de evacuación a nivel local con la participación de las comunidades y con base en las redes de observación y vigilancia en área expuestas.
- Puesta en marcha de programas de gestión del conocimiento sobre el riesgo por deslizamientos para la educación, capacitación e información pública.

Medidas de adaptación como las anteriores han dejado algunas lecciones que es importante resaltar. Por un lado, que, desde el punto de vista de la política pública, para que la adaptación sea efectiva, en el caso de la inestabilidad de laderas, es necesario que el proceso sea integral, con la participación de las comunidades y las entidades técnicas y de planificación de acuerdo con el ámbito de su competencia. Esto implica, además, que es necesario no solo la intervención de la amenaza, sino también de la vulnerabilidad con el fin de mejorar la resiliencia. Por otro lado, que el riesgo, la adaptación y la gestión integral del riesgo son, en este caso, esencialmente locales, es decir, a escala urbana y de las cuencas hidrográficas.

En la **Figura 11.6** se presentan, a modo de ejemplo, algunas de las medidas de adaptación implementadas en la región.

11.4.2. Actividades de adaptación planificada

En los países de la región, en los últimos años, paulatinamente se han creado Sistemas Nacionales de Cambio Climático, se han realizado varias Comunicaciones Nacionales y formulado una Política Nacional de Cambio Climático, al igual que un Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático. Algunas de estas iniciativas han derivado en diferentes documentos e instrumentos en los cuales se ha indicado la necesidad de realizar Planes Sectoriales y Territoriales de Gestión del Cambio Climático y, en algunos casos, se ha señalado que los planes de Gestión del Riesgo de Desastres ya existentes deben actualizarse de acuerdo con los lineamientos de dichos instrumentos (Campos *et ál.*, 2012; IDEAM, 2016; Delgado *et ál.*, 2015, Congreso de la República, 2018).

En general, los Sistemas Nacionales de Gestión del Riesgo de Desastres, o similares, se mencionan cada vez más, en la

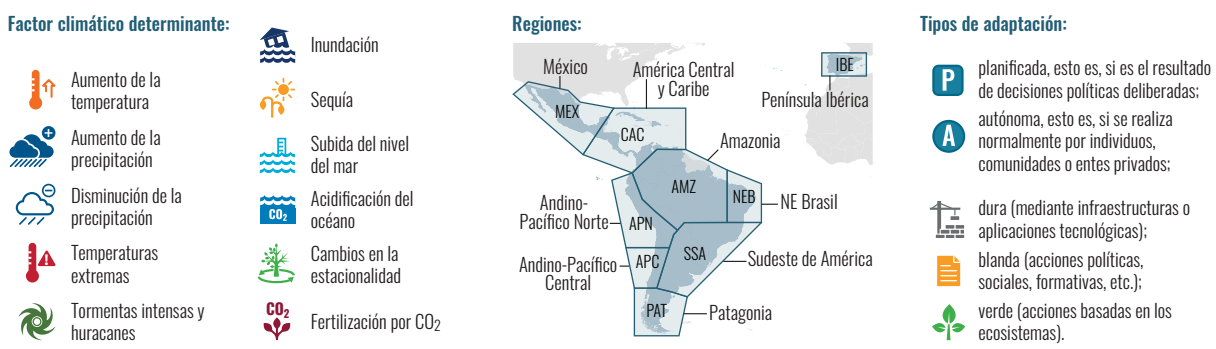
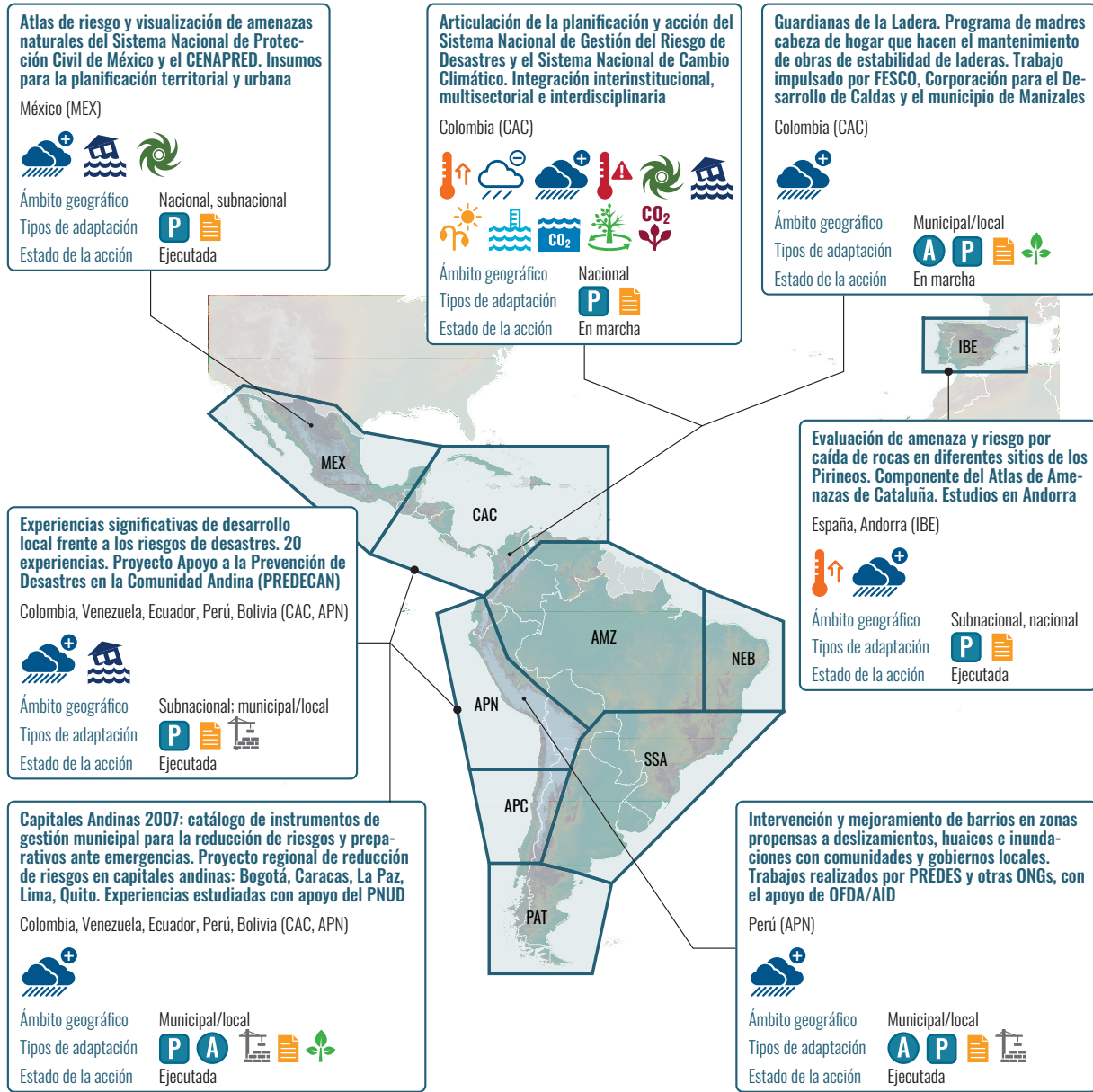


Figura 11.6. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de la inestabilidad de laderas. Fuente: elaboración propia.

medida en que se tiene un mayor convencimiento de que su acción está especialmente asociada, o que es estratégica, o que es complementaria a la adaptación (UNGRD, 2012). Los instrumentos antes mencionados son hasta ahora muy generales y hacen énfasis en aspectos institucionales, a enfoques conceptuales y a los vínculos inevitables con la planificación del desarrollo y la sostenibilidad, sin entrar en mayores detalles en aspectos metodológicos y prácticos. Cuando en estos documentos se hace referencia específicamente a las acciones de adaptación, se hace poca alusión a las acciones frente a las amenazas naturales y al riesgo que se deriva de las mismas, aun cuando se menciona la relevancia de la protección de las personas más expuestas y vulnerables. En particular, poco es lo que se menciona si dichas amenazas no son del todo de origen climático, como es el caso de los deslizamientos, quedando estas acciones en términos prácticos en el dominio y bajo el enfoque conceptual en el que se fundamenta la acción interinstitucional de la gestión del riesgo de desastres. En este caso la gobernanza de la adaptación no es otra que la que, bien o mal, ha existido para la gestión del riesgo de desastres.

Por esta razón, en el caso de los deslizamientos la adaptación planificada es la que se deriva de los planes, programas y acciones de las entidades del orden nacional y subnacional, y en particular del ámbito local o municipal, donde la gestión del riesgo de desastres debe enfrentar las diferentes amenazas, pero que a fin de cuentas, y una por una, exige acciones específicas bajo el mismo marco conceptual y de acción (CAF, 2000; Cárdenas y Rodríguez, 2013).

La adaptación planificada en el caso de la inestabilidad de laderas usualmente es una estrategia de adaptación descendente (ver definición en el **Glosario**) que en los países de la región ha estado asociada a planes, programas, acciones y proyectos del orden nacional, estatal y local de ordenamiento territorial y planificación de usos del suelo de cuencas hidrográficas y ciudades (Vargas y Sáenz, 2015), mejoramiento de barrios, reubicación preventiva (Lavell *et al.*, 2015), construcción de obras de estabilidad y manejo de aguas superficiales y subterráneas, reasentamiento apropiado por desastres ocurridos y reducción de la exposición, implementación de seguros colectivos, desarrollo de sistemas de alerta —comunitarios y automáticos—, planes de emergencia, capacitación, información pública, educación, etc. (Cardona, 2004a, 2011, 2012, 2013).

11.4.2.1. Escala supranacional

No existen muchas actividades que formalmente se denominen o se las conozca como actividades de adaptación en Latinoamérica. Esto es aún evidente en el caso de la inestabilidad de laderas o deslizamientos si se quiere identificar algunas en el ámbito supranacional. Las pocas que se pueden asimilar como de este tipo y planificadas no se han conocido como actividades de adaptación. Por ejemplo, dentro de las actividades de adaptación planificada en la región se puede mencionar la sistematización de un amplio número

de experiencias significativas de desarrollo local frente al riesgo de desastres, impulsada en el marco del Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN, 2009a), el cual se ejecutó con apoyo de la Unión Europea y la Comunidad Andina de Naciones en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. También se puede mencionar el proyecto Capitales Andinas (PNUD, 2007), que consistió en el desarrollo de un catálogo de instrumentos de gestión municipal para la reducción del riesgo y preparativos ante emergencias. Este proyecto regional de reducción del riesgo se ejecutó en varias capitales andinas: Bogotá, Caracas, La Paz, Lima y Quito, y las experiencias fueron sistematizadas con apoyo del PNUD (2005) en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia; la amenaza común fue la inestabilidad de laderas o deslizamientos.

11.4.2.2. Escala nacional y subnacional

En Colombia, la articulación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres con el Sistema Nacional de Cambio Climático es un ejemplo de integración interinstitucional e interdisciplinaria deseable, y que sería interesante de replicar en otros países. Este tipo de estrategia institucional multisectorial y descentralizada, que busca objetivos comunes, es necesaria para mejorar la efectividad en materia de adaptación, aprovechando las experiencias en gestión del riesgo de desastres, no solo de preparación y respuesta frente a desastres, sino también el notable avance conceptual y la planificación que en Colombia se ha tenido desde la perspectiva de la integración de la gestión del riesgo en el desarrollo socioeconómico y en el ámbito ambiental (IDEAM, 2016; Congreso de la República, 2018). La existencia del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) ha dado coherencia y soporte institucional y político a las actividades que llevan a cabo las Administraciones municipales y las instituciones locales, regionales e incluso nacionales, que han jugado un papel en lo local. El enfoque descentralizado del SNGRD, su visión del tema y la gobernanza que se deriva han permitido una evolución de la gestión sustentada en los principios de concurrencia, complementariedad y subsidiaridad del Estado colombiano. Aun cuando en el país se creó también un Sistema Nacional de Cambio Climático, los procesos de adaptación en todos los niveles territoriales han estado asociados principalmente a la gestión del riesgo de desastres con medidas de tipo técnico, administrativo, socioeconómico y ambiental en el marco de la planificación del desarrollo. El Plan Municipal para la Gestión del Riesgo y el Plan de Ordenamiento Territorial, que desde hace 12 años implican a tres Administraciones, deben ser incorporados en los Planes de Desarrollo y de Inversión que cada alcalde tiene que formular al inicio de su respectivo mandato (Carreño *et al.*, 2017).

A nivel subnacional, destacan en Iberoamérica la intervención y el mejoramiento de barrios en zonas propensas a deslizamientos, huacos e inundaciones de comunidades y

gobiernos locales. Se trata de una serie de trabajos realizados por PREDES y otras ONG, con el apoyo de OFDA/AID en el Perú (PNUD, 2007). Es un proceso que puede considerarse de adaptación blanda, pero también de adaptación dura por el tipo de obras y trabajos que se han realizado a nivel municipal y local. Además, aunque se puede entender como un proceso que ha estimulado la adaptación autónoma, en realidad se trata de un programa institucional con los municipios, con apoyo de entidades nacionales e internacionales.

Otros ejemplos a nivel nacional y subnacional son los casos de la elaboración del atlas de riesgo y la visualización de amenazas naturales del Sistema Nacional de Protección Civil de México y el CENAPRED (2004), que han servido de insumo para la planificación territorial y urbana y que puede considerarse una actividad de adaptación planificada blanda del ámbito nacional y subnacional. Pero también, de forma similar, se tiene el caso de la evaluación de amenaza y riesgo por caída de rocas en diferentes sitios de los Pirineos, el cual es un componente del Atlas de Amenazas de Cataluña, España (Vilaplana y Payas, 2008) y de estudios en Andorra (Corominas *et ál.*, 2003; Copons *et ál.*, 2004). También se trata de una actividad de adaptación planificada blanda de utilidad para la planificación del territorio.

11.4.2.3. Escala local o municipal

La escala local es el principal ámbito de la gestión del riesgo frente a los deslizamientos dado que la inestabilidad de laderas es una amenaza especialmente relevante a nivel municipal. Por esta razón, en muchas poblaciones de áreas montañosas se han intentado llevar a cabo iniciativas para enfrentar el riesgo que se deriva de este tipo de amenaza. En algunas ciudades de relieve abrupto, como La Paz (Bolivia), Bucaramanga o Manizales (Colombia), se han realizado obras de estabilidad que, en general, son muy costosas, al igual que ocurre con las redes viales y otras infraestructuras, como las vías 3G y 4G en Colombia, que pueden ser afectadas en cuencas hidrográficas de altas pendientes. Muchos planes de ordenamiento territorial y de usos del suelo en el ámbito urbano y de cuencas se están promoviendo actualmente, por ejemplo, en Colombia y Perú, y la inestabilidad de taludes es uno de los problemas que mayor relevancia tiene en este tipo de instrumentos de planificación física e inversión pública. En algunas ocasiones estos instrumentos van acompañados de procesos de participación comunitaria. En Colombia destacan dos casos emblemáticos: el del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER) de Bogotá, el cual aporta recomendaciones y lineamientos de adaptación en el marco de proyectos urbanos tanto de desarrollo como de renovación urbana, y el programa de Guardianas de la ladera de Manizales, por el cual madres cabeza de hogar hacen el mantenimiento de las obras de estabilidad de Laderas de la ciudad. Esta iniciativa lleva varios años y es liderada actualmente por FESCO, una ONG, con el apoyo económico y técnico de la Corporación Regional Autónoma del Medio Ambiente del departamento

de Caldas (Corpocaldas) y de la Administración Municipal de Manizales. Este caso se ha replicado en varias poblaciones vecinas y es ampliamente reconocido a nivel internacional (Chardon, 2002; PNUD, 2005; PREDECAN, 2009b; Birkmann *et ál.*, 2011; Marulanda *et ál.*, 2015, 2016; Alcaldía de Manizales, 2016; Carreño *et ál.*, 2016, 2017; Bernal *et ál.*, 2017; Cardona *et ál.*, 2017; Wymann von Dach *et ál.*, 2017, pág. 36; CAF, 2018; Carrizosa, 2018; Cardona, 2019).

11.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Enfrentar la amenaza por deslizamientos ha sido una práctica milenaria, aplicada por comunidades que se han asentado en laderas y áreas montañosas con susceptibilidad geológica y climática a los procesos de inestabilidad. En Latinoamérica hay ejemplos notables de construcción en laderas de alta pendiente utilizando terrazas y muros de piedra, como los de las comunidades indígenas prehispánicas para hacer vivienda y agricultura. Los incas, las culturas preincaicas en Perú y Bolivia, al igual que la cultura Tayrona, en la Sierra Nevada de Santa Marta en el norte de Colombia, dejaron registros de su conocimiento al respecto de las obras para la estabilización de laderas. De la misma forma, en diferentes lugares de los Andes y otros sitios de montaña, las comunidades han desarrollado técnicas de estabilidad y de terracedos con piedra y madera, por ejemplo, en el Cuzco, e incluso con bambú (como ha sido el caso de la guadua en lo que hoy es el paisaje cultural cafetero de Colombia). En algunos casos han sido acertadas, pero también percederas, con posteriores inconvenientes cuando pierden su capacidad. Estas técnicas son ejemplo de intentos de adaptación ascendente (ver definición en el **Glosario**) que no son fáciles de aplicar, surgen en muchas ocasiones como resultado de la improvisación, se han consolidado en el tiempo, producto del ensayo y error, de la necesidad y de su evidente efectividad, y son parte del desarrollo del conocimiento local y tradicional. Usualmente no cuentan con respaldo desde el punto de vista geotécnico, que exige conocimientos de aspectos muy complejos, que varían de un sitio a otro debido a las características de los suelos en condiciones de saturación y de hidrogeología y del comportamiento climático y tectónico en cada sitio.

Otro aspecto que ha dado lugar a casos de adaptación autónoma ha sido el de la observación y vigilancia de lugares propensos, lo que ha derivado en sistemas de alerta y alarma comunitarios, que utilizan sistemas de comunicación sencillos con los cuales se informa o avisa a los pobladores de situaciones críticas evidentes y de la necesidad de evacuación. Ejemplos se han tenido en ciudades como La Paz, Lima, Bogotá o Río de Janeiro. Utilizando en ocasiones tecnología apropiada, se han construido incluso, con apoyo de alguna ONG o gobiernos locales, pluviómetros improvisados, frentímetros o piezómetros de fabricación casera o se han aplicado técnicas para detectar pequeños desplazamientos en zonas de reptación o de elevada susceptibilidad a los deslizamientos. También se han imple-

mentado para el caso de inundaciones repentinas, flujos de escombros y eventos súbitos en cuencas de alta pendiente de comportamiento torrencial, cuyos nombres varían según el sitio, como huaicos en el Perú, aludes torrenciales en Venezuela, flujos de lodo en Colombia (lahares por actividad volcánica y altas precipitaciones), y para avalanchas, desprendimiento y fusión de glaciares, nieve u otros procesos de remoción en masa. Los sistemas de radio para la comunicación entre sitios de observación y poblaciones expuestas han permitido construir sistemas de alerta sencillos con sirenas e incluso altavoces, por ejemplo, en Ibagué, Neiva, Manizales (Colombia), Quito o Cuenca (Ecuador), Río de Janeiro (Brasil), que se activan por contactos eléctricos o rupturas de alambres que juegan el papel de sensores. Estos son también ejemplos de adaptación autónoma de comunidades o municipios con apoyo de ONG, entes técnicos del sector público, universidades y entidades operativas de emergencia. En los últimos años se han identificado iniciativas locales o comunitarias en toda la región, y entidades internacionales han realizado su sistematización y divulgación (PNUD, 2007; PREDECAN, 2009; CAF, 2018).

11.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Con respecto a las barreras, una de las principales razones por las cuales no ha habido efectividad en la gestión del riesgo y de la adaptación ha sido la visión fragmentada e inconveniente de la problemática del riesgo por inestabilidad de laderas. Lo mismo ha ocurrido por el uso de resultados de modelos inapropiados de evaluación de amenaza y riesgo por deslizamientos, dado que en muchas ocasiones han conducido a maladaptación o no han permitido implementar medidas efectivas de intervención. Un ejemplo de este tipo de problemática, que se repite en varios países, es el costo excesivo del mantenimiento, la recuperación y reconstrucción de las redes de infraestructura, como carreteras y poliductos, y las dificultades en zonas urbanas para controlar el riesgo en áreas propensas a este tipo de eventos. Son múltiples los ejemplos de inestabilidad en áreas urbanas que se convierten en desastres.

Por otra parte, la gestión del riesgo de desastres y con ella la adaptación no siempre son una prioridad de la agenda política de los aspirantes y posteriormente dirigentes locales y encargados de la toma de decisiones. Por esto, cada vez que hay elecciones, es necesario poner en antecedentes y convencer desde el punto de vista institucional, académico y comunitario a los futuros mandatarios sobre la relevancia del tema (Wymann von Dach *et ál.*, 2017a, b).

Con respecto a las oportunidades, los sistemas nacionales, subnacionales y locales —a nivel urbano y comunitario— de gestión integral del riesgo de desastres son, en el caso de la inestabilidad de laderas, un figura interinstitucional, interdisciplinaria o multisectorial que facilita la adaptación, por lo cual es importante utilizar este tipo de estructuras organiza-

tivas para promover la adaptación y no intentar crear nuevas estructuras que pueden generar duplicación de esfuerzos.

Teniendo en mente la reducción de la amenaza y del riesgo por deslizamientos como un proceso de adaptación, es relevante señalar que evitar la deforestación y estimular la reforestación o revegetación de cuencas y laderas susceptibles a la inestabilidad permiten hacer un vínculo entre la adaptación y la mitigación, entendida en este caso como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. El tema de la reforestación en zonas de amenaza por inestabilidad de laderas usualmente no se explicita debido a que no siempre es eficaz y porque el objetivo de la reforestación puede ser muy amplio desde la perspectiva de la gestión ambiental. Por ejemplo, la protección de cuencas hidrográficas y la regulación de cauces, el control de la erosión, aprovechamiento comercial sostenible de especies maderables, producción de agua, captura de carbono y otros aspectos asociados con el ecoturismo y la biodiversidad. No obstante, con la intención de generar certificados de emisiones reducidas (CER) para el mercado internacional, hay proyectos que se han realizado en diferentes países y algunos de ellos se encuentran en áreas de elevada susceptibilidad a los deslizamientos y problemas de erosión en zonas rurales y rururbanas (PROCUENCA, 2019). Estas iniciativas de organismos públicos, privados y mixtos han sido objeto de incentivo en algunos de los planes nacionales de cambio climático que ya se han formulado y donde se han venido promoviendo la evaluación sistemática de la huella de carbono y el uso de tecnologías limpias para elevar la competitividad.

Algunas medidas de adaptación frente a la inestabilidad de laderas generan cobeneficios y tienen especial relevancia para los ODS y la gestión integral del riesgo de desastres, como ilustra la **Figura 11.7**.

Estas medidas de adaptación han sido ampliamente aceptadas como acciones de gestión del riesgo apropiadas para ser tenidas en cuenta en la planificación urbana, el desarrollo de infraestructura —como las vías, el ordenamiento territorial y el mejoramiento de las condiciones de vida—. Sin embargo, en muchos casos la falta de gobernanza por debilidad institucional nacional y de las entidades territoriales subnacionales (como los municipios de áreas montañosas) ha hecho que su implementación sea aún incipiente y que las buenas prácticas, sobre todo en Latinoamérica, sean más una excepción que la regla. Adicionalmente, la deforestación y el cambio del uso del suelo (p. ej., para sobrepastoreo) han contribuido al aumento de los deslizamientos en áreas como la región Andina.

11.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

La adaptación, en el caso de la inestabilidad de taludes, solo es posible si existe una estrategia adecuada para la reducción de la vulnerabilidad y el mejoramiento de la resiliencia;

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación ecosistemas y biodiversidad tierras	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Evaluación probabilística de la amenaza y el riesgo de elementos expuestos vulnerables ubicados en áreas propensas.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 11, 13	1, 2, 3, 4
Incorporación de la amenaza y del riesgo como determinantes del ordenamiento territorial y la planificación urbana.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 11, 13	2, 3
Inversión pública, obras de estabilidad de laderas, canalización de aguas y control de la erosión.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 9, 11, 13	3
Sistemas de alerta temprana participativos y basados en la evaluación de susceptibilidad, amenaza y riesgo.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 11, 13	1, 4
Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 9, 11, 13	2, 3
Reasentamiento, reubicación e intervención de vulnerabilidad de viviendas y de infraestructura, situadas en áreas propensas.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 9, 11, 13	3
Promoción de medidas preparación y de reducción del riesgo participativas mediante educación e información pública.	●	●	●	●	●	●	1, 6, 11, 13	1, 4

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

	ODS-1, erradicación de la pobreza:		ODS-7, energía limpia y asequible:		ODS-13, acción contra el cambio climático mundial:
	ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible:		ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico:		ODS-14, vida en el agua:
	ODS-3, salud y bienestar:		ODS-9, infraestructura de innovación:		ODS-15, vida terrestre:
	ODS-4, educación de calidad:		ODS-10, reducir las desigualdades:		ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces:
	ODS-5, igualdad de género:		ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles:		ODS-17, asociaciones y medios de ejecución:
	ODS-6, agua limpia y saneamiento:		ODS-12, producción y consumo responsables:		

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] **Prioridades del Marco Sendai:** 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 11.7. Interacciones en el ámbito de la inestabilidad de laderas entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia.

es decir, a través del fortalecimiento de la gobernanza y la realización de medidas de prevención asociadas a la capacidad para anticipar, evitar y enfrentar los futuros desastres, así como para recuperarse una vez han ocurrido dichos eventos (Lavell, 2005; Lavell y Brenes, 2008; Wilches-Chaux, 2007, 2008).

Pocos avances y logros se han alcanzado en la medición de la efectividad de la adaptación en general y, por consiguiente, en el caso específico de los deslizamientos. Hacer referencia a la adaptación solo frente a este tipo de amenaza, en el contexto del cambio climático, puede ser un propósito difícil de lograr, puesto que usualmente no solo se tienen en cuenta los deslizamientos, sino también otras amenazas locales recurrentes de origen climático e incluso de origen geológico, hídrico, biológico y tecnológico (Marulanda *et ál.*, 2010, 2011). En este contexto, la medición de la efectividad de la gestión del riesgo de desastres se convierte en una alternativa para dar cuenta del grado de avance en adaptación. Sin embargo, tampoco existen muchas propuestas metodológicas para medir el desempeño de la gestión del riesgo. Una de ellas ha sido el Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión del Riesgo, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual permite, mediante diferentes índices, evaluar si el riesgo está aumentando o disminuyendo en el tiempo (lo que daría cuenta de la efectividad de la gestión), y determinar la gestión del riesgo mediante un índice específico (Carreño *et ál.*, 2004, 2007). Este indicador compuesto se ha aplicado en varias ocasiones desde el 2005 hasta la fecha a 26 países de Latinoamérica y el Caribe, e incluso ha sido utilizado también a nivel de ciudades no solo en América, sino también en otros continentes (Cardona *et ál.*, 2005, 2017a; Marulanda *et ál.*, 2009; Birkmann *et ál.*, 2013a; Cardona y Carreño, 2013; Khazai *et ál.*, 2015).

El índice de gestión del riesgo de desastres (iGRD) proporciona una medida cuantitativa del grado y la eficacia de la gestión basada en objetivos o metas cualitativos predefinidos hacia los cuales deben orientarse los esfuerzos institucionales. El diseño del iGRD implicó establecer una escala lingüística de niveles de logro y desempeño actuales y deseables en el futuro para un país, una región o una ciudad. El iGRD se construyó utilizando un enfoque de lógica difusa mediante la cuantificación de cuatro componentes de política pública, cada uno de los cuales se describe mediante seis indicadores compuestos. Las políticas incluyen el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo, el manejo de desastres y la gobernanza y protección financiera. La identificación del riesgo (IR) comprende la evaluación de la percepción individual y social, y el conocimiento objetivo y la evaluación apropiada del riesgo. La reducción del riesgo (RR) implica la implementación de acciones y medidas correctivas y prospectivas de prevención. El manejo de desastres (MD) comprende los avances en preparación, respuesta y recuperación. Finalmente, la gobernanza y la protección financiera (PF) están relacionadas con la institucionalización y las estrategias de transferencia del riesgo para la protección financiera. Más detalles acerca de la metodología y su aplicación pueden encontrarse en Cardona *et ál.* (2005) y Carreño *et ál.* (2007).

La **Figura 11.8** presenta un esquema de los indicadores que se evalúan teniendo en cuenta cinco niveles de calificación de 1 a 5 (bajo, incipiente, apreciable, notable y óptimo), definidos mediante referentes predefinidos o *benchmark*, que posteriormente, una vez unidos para todos los indicadores, al «defuzificarse», derivan en un valor numérico entre 1 y 100 y en un nivel de efectividad, siguiendo una relación no lineal, que se asocia con el grado de resiliencia obtenido.

La **Figura 11.9** ilustra un ejemplo de calificación de los seis indicadores que se evalúan en el caso de uno de los cuatro componentes de política pública, tanto para la situación actual como para otros momentos posteriores en el tiempo, lo que permite definir y acordar las acciones que se tienen que llevar a cabo para lograr el resultado previsto o deseable en los lapsos considerados (Carreño *et ál.*, 2016).

Para el caso que se ilustra, las acciones e inversiones que de forma participativa se acordaron que serían las necesarias para lograr los resultados previstos se convirtieron en las actividades del plan de gestión del riesgo y adaptación de la entidad territorial frente a las amenazas que pueden llegar a afectarla, dentro de las cuales se encuentra la amenaza por deslizamientos.

En el caso de la estabilidad de laderas, la aplicación del iGRD en sitios en los cuales este tipo de amenaza es relevante se concluye que entre las medidas de adaptación prioritaria destacan la incorporación de la amenaza y del riesgo por deslizamientos como determinantes o condicionantes en el nuevo plan de ordenamiento territorial y de planificación urbana, la inversión pública en medidas de reducción del riesgo, como la realización de obras de ingeniería de estabilidad de laderas, la canalización de aguas y control de la erosión, la educación e información pública, y la implementación de sistemas de alerta participativos, basados en evaluaciones robustas, apropiadas y pertinentes de la susceptibilidad, la amenaza y el riesgo para la toma de decisiones.

11.7. Casos de estudio

En la **Figura 11.10** se presenta una breve clasificación de los casos de estudio que se han desarrollado a continuación en el presente capítulo.

11.7.1. Gestión integral del riesgo en Manizales (Colombia)

11.7.1.1. Resumen del caso

La gestión integral del riesgo en Manizales ha sido un caso ampliamente estudiado y considerado ejemplar en Latinoamérica desde hace varias décadas por los logros obtenidos en reducción del riesgo, resultado de la convergencia del conocimiento tecnicocientífico, la voluntad politicoadministrativa y la participación comunitaria (Carrizosa, 2018; Cardona, 2019).

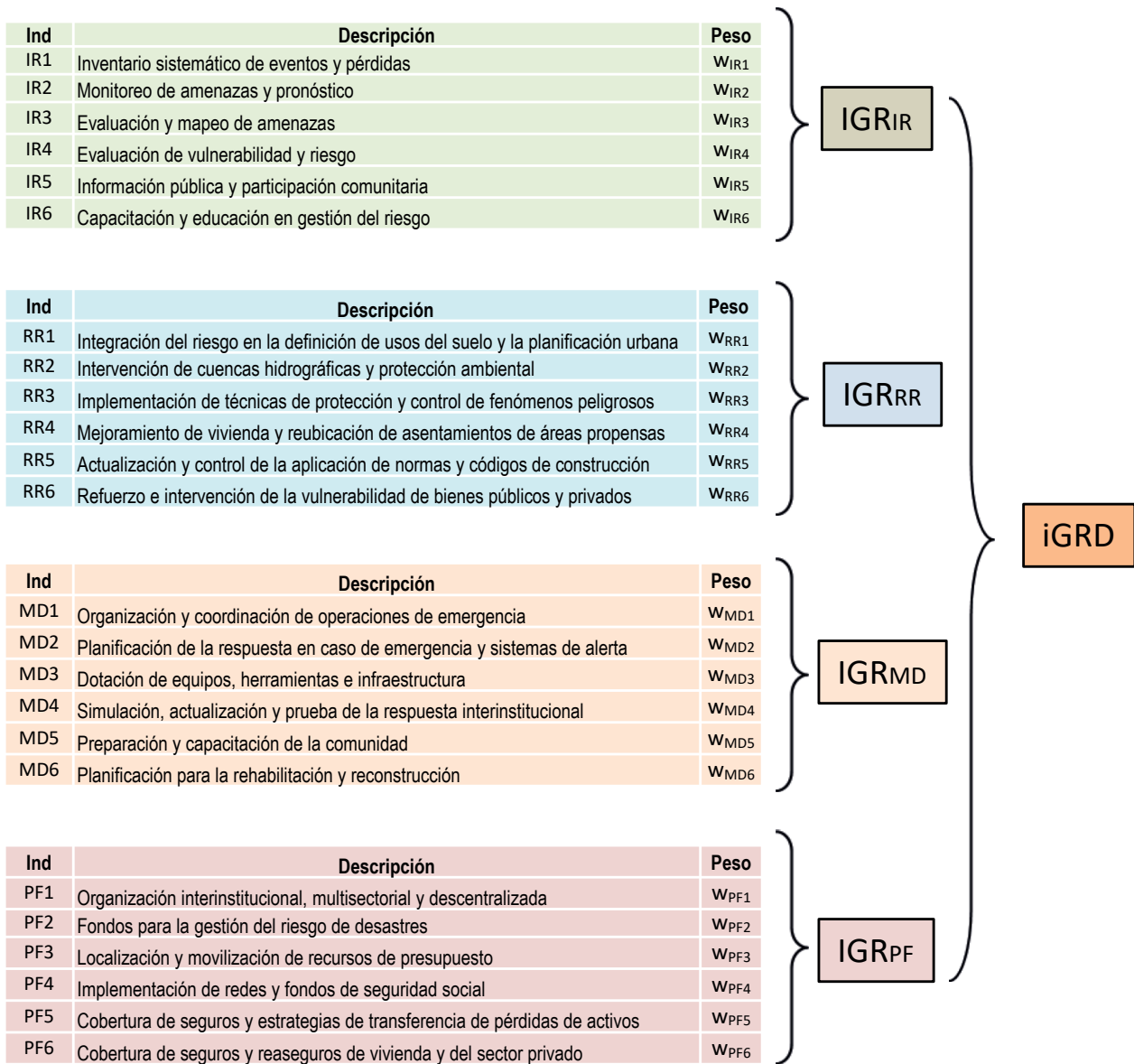


Figura 11.8. Indicadores de los cuatro componentes del iGRD que se evalúan utilizando una escala de calificación de cinco niveles lingüísticos, desde bajo hasta óptimo. Fuente: Carreño et ál., 2007.

11.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Manizales es una ciudad ubicada en el relieve abrupto de los Andes centrales colombianos a 2.100 m s.n.m., cerca del volcán Nevado del Ruiz. Esta ciudad, capital del departamento de Caldas, tiene una población aproximada de 420.000 habitantes, ubicados principalmente en laderas escarpadas de suelos inestables compuestos principalmente por cenizas volcánicas. Estos suelos son muy sensibles a

la humedad y a las lluvias, que son abundantes en el lugar, así como a la actividad sísmica de la región (**Figura 11.11**). La ciudad se vio afectada, desde su fundación en 1849, por incendios importantes, intensos terremotos, lahares volcánicos y, con frecuencia, en las últimas décadas —principalmente desde los años sesenta—, por deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas de alta montaña debido a su expansión urbana.

La vulnerabilidad de la población de bajos ingresos se ha incrementado debido a su asentamiento en áreas propen-

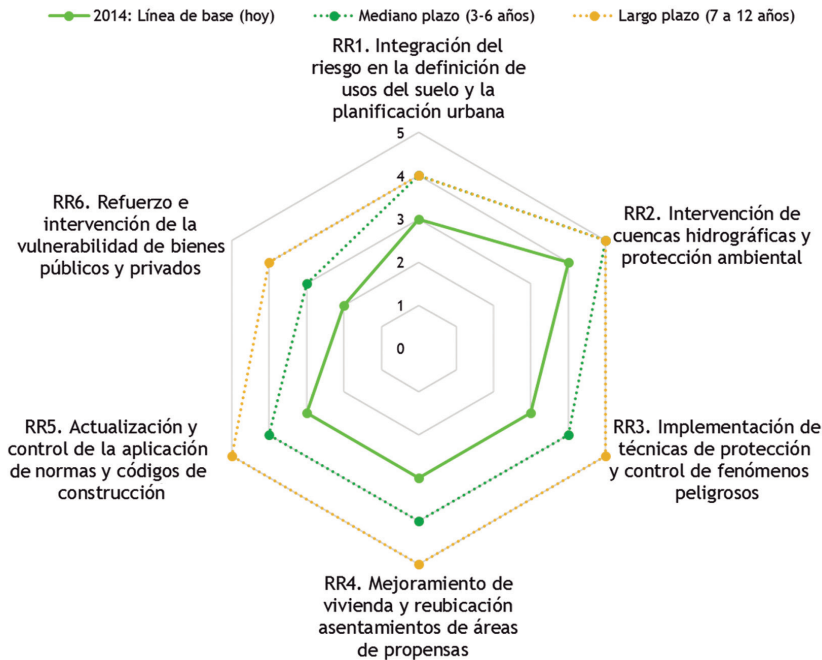


Figura 11.9. Ejemplo de evaluación del estado actual y esperado de los indicadores de reducción del riesgo (RR) a nivel local en 2014 y para 2020 y 2025. Fuente: Narváez (2015), Alcaldía de Manizales (2016).

sas, impulsada por las crecientes presiones demográficas, la exclusión, la pobreza, las inequidades, la falta de control urbano y el ordenamiento territorial. Los daños y pérdidas debidos a eventos peligrosos han sido importantes y han dejado marcas en la memoria de las personas y en la historia y la cultura de la ciudad. Por esta razón, aunque una cultura sísmica local se desarrolló a partir de finales del siglo XIX —con sus propias técnicas de construcción tradicionales y peculiares de bahareque—, la ciudad puso en marcha, paso a paso, desde 1970, un proceso integrado de gestión del riesgo de desastres. Este proceso se basó, inicialmente, en una estrategia institucional innovadora, una agencia local específica para hacer frente a los deslizamientos, pero posteriormente se fundamentó en un enfoque sistémico e interinstitucional, convocando de forma efectiva capacidades científicas, gerenciales y comunitarias.

Actualmente la ciudad realiza una reflexión acerca del nivel de seguridad que debe lograrse con el ordenamiento territorial y el diseño de obras de estabilidad debido a que tiene un registro de lluvias desde hace varias décadas que indica que los aguaceros más intensos son cada vez más frecuentes; por ejemplo, 156 mm en menos de seis horas el 19 de abril de 2017. Valores similares se han obtenido al menos cuatro veces en una década, y muchas de las obras fueron diseñadas para lluvias que no llegan a la tercera parte y supuestamente para 100 años de periodo de retorno (Red de Estaciones, IDEA, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales). Esta situación

hace evidente que la investigación y el conocimiento de los eventos climáticos son un imperativo para definir cuánta seguridad es una seguridad suficiente en la planificación de la ciudad (Cardona, 2019).

11.7.1.3. Descripción del caso

Debido al aumento de los deslizamientos urbanos en la década de los años sesenta, en 1971 se creó la Corporación Regional Autónoma para la «defensa» de Manizales, Salamina y Aranzazu (CRAMSA, actualmente la autoridad regional ambiental Corpocaldas), la cual desarrolló, con el apoyo científico de la facultad de ingeniería local de la Universidad Nacional, modelos técnicos y de investigación de la estabilidad de taludes, trabajos de protección hidráulica y de control de la erosión, así como enfoques económicos y sociales para la implementación de proyectos de reubicación de vivienda de forma participativa y asociativa. Adicionalmente, desde finales de la década de 1980, siguiendo

una nueva política nacional, la Administración de la ciudad implementó un sistema municipal para mejorar la atención y la prevención de desastres desde una perspectiva intersectorial e interinstitucional. Más recientemente, desde 2012, como resultado de la actualización de la política nacional de gestión del riesgo, este esquema interinstitucional es el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, liderado por el alcalde de la ciudad y conformado, de manera intersectorial e interdisciplinaria, por las secretarías de planeación, hacienda/finanzas, medio ambiente, obras públicas, vivienda, educación, salud, desarrollo comunitario, preparación para emergencias y las entidades de servicios públicos, entre otras agencias locales o de representación nacional.

Como resultado de este proceso, se construyeron muchas obras hidráulicas y de estabilidad de laderas (cerca de 970) y se han impulsado con éxito proyectos de reubicación preventiva de vivienda en riesgo derivados de la planificación urbana (Figura 11.12), según el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad (Alcaldía de Manizales, 2017). Para lograr estos objetivos, ha sido muy útil el trabajo realizado por las Guardianas de la Ladera, un programa basado en madres cabeza de hogar de áreas pobres, que se han capacitado para el mantenimiento de las obras y el inventario de vivienda en riesgo (PNUD, 2005). Las evaluaciones de susceptibilidad, amenaza y riesgo, incluso con un enfoque holístico o integral, realizadas con apoyo de la academia, se han incluido como determinantes de la formulación y actualización

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Gestión integral del riesgo en Manizales, Colombia.	Colombia			Municipal/local		Municipal/local
Planificación urbana en Vargas, Venezuela.	Venezuela			Subnacional		Subnacional; municipal/local
Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada, Guerrero, México.	México			Municipal/local		Municipal/local
Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro, Brasil.	Brasil			Subnacional; municipal/local		Municipal/local

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Sequía
- Aumento de la precipitación
- Subida del nivel del mar
- Disminución de la precipitación
- Acidificación del océano
- Temperaturas extremas
- Cambios en la estacionalidad
- Tormentas intensas y huracanes
- Fertilización por CO₂

Regiones:



Tipos de adaptación:

- P** planificada, esto es, si es el resultado de decisiones políticas deliberadas;
- A** autónoma, esto es, si se realiza normalmente por individuos, comunidades o entes privados;
- dura (mediante infraestructuras o aplicaciones tecnológicas);
- blanda (acciones políticas, sociales, formativas, etc.);
- verde (acciones basadas en los ecosistemas).

Figura 11.10. Caracterización de los casos de estudio (inestabilidad de laderas). Fuente: elaboración propia.

de los planes de ordenamiento territorial, usos del suelo, estructura ecológica e inversión pública (PREDECAN, 2009b). La información de riesgo utilizando modelos probabilistas ha sido un insumo clave para la implementación de un seguro colectivo voluntario que se puede pagar utilizando el pago del impuesto predial de la ciudad y permite brindar cobertura de seguros frente a desastres no solo a los contribuyentes que lo pagan, sino también a los propietarios de bajos ingresos, sin costo para ellos, a través de una estrategia de subsidio cruzado (Marulanda et al., 2014, 2015, 2016). Esta iniciativa promueve no solo la cultura del seguro, sino también la solidaridad comunitaria (Marulanda et al., 2008; Cardona, 2009; Cardona et al., 2016). Por otra parte, el gobierno local ha implementado requisitos de construcción sismorresistentes basados en la microzonificación sísmica detallada de la

ciudad y la implementación del refuerzo o intervención de la vulnerabilidad de muchos edificios esenciales. La ciudad cuenta con redes de observación y vigilancia hidrometeorológica, volcánica y sísmica en línea para la alerta, la evaluación automática del riesgo y la información pública (Cardona, 2019; Correa et al., 2019).

Manizales, con el impuesto a la propiedad, recauda también una sobretasa ambiental (1,5 %) y una sobretasa para la gestión del riesgo de desastres (0,5 %) que recibe Corpocaldas, la autoridad regional ambiental. Entre 2009 y 2015 estos impuestos han permitido inversiones del orden de 18,2 y 5,3 millones de dólares, respectivamente. Estos impuestos han sido una fuente adicional al presupuesto de las instituciones en el tema. La **Tabla 11.2** ilustra un resumen de las



Figura 11.11. Avance de la erosión y de los deslizamientos en un sector de Manizales. Fuente: fotografía de Carlos A. García M.

inversiones en gestión y reducción del riesgo de desastres en Manizales en los últimos 15 años, que corresponden a cerca de 52 millones de dólares (Pérez, 2007; Corpocaldas, 2015). La ciudad es considerada un ejemplo de sostenibilidad y transformación por sus esfuerzos en mejorar su resiliencia.

11.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Si bien la gobernanza de la gestión del riesgo en Manizales ha sido sólida y se ha fortalecido con el tiempo, la vulnerabilidad en diferentes áreas de la ciudad aún existe o ha seguido creciendo debido al aumento de la población y la migración desde las zonas rurales al área urbana. Por otra parte, un problema siempre difícil de resolver es la falta de continuidad de las acciones y de la política de gestión de riesgo cuando cambia la Administración, que es elegida para un periodo de cuatro años.



Figura 11.12. Obras de estabilidad y control de la erosión en Manizales y mantenimiento de las obras por parte de las Guardianas de la Ladera. Fuente: fotografías de Corpocaldas, Omar D. Cardona A. y Dora Catalina Suárez O.

Tabla 11.2. Inversiones en gestión del riesgo de desastres (2002-2015) en USD. Fuente: elaboración propia a partir de Pérez (2007) y Corpocaldas (2015).

Año	Inversiones en obras reducción del riesgo	Otras inversiones en gestión del riesgo	Inversión total
2002-2008	7.442.208	1.092.112	8.534.320
2009	8.139.048	108.990	8.248.038
2010	1.305.772	233.768	1.539.540
2011	19.337.100	218.234	19.555.335
2012	5.440.237	248.325	5.688.562
2013	2.650.666	915.555	3.566.221
2014	2.132.969	451.679	2.584.647
2015	1.976.973	202.636	2.179.609
TOTAL	48.424.974	3.471.299	51.896.272

11.7.1.5. Lecciones identificadas

La evaluación apropiada de las amenazas y del riesgo con fines de planificación de usos del suelo, la información pública, el aseguramiento colectivo de los propietarios de bajos ingresos y el diseño y construcción de obras de estabilidad de laderas y reducción del riesgo han sido notables y exitosas (Birkmann *et ál.*, 2011; CAF, 2018; Carrizosa, 2018; Cardona, 2019). También es necesario destacar el trabajo comunitario a lo largo de todo el proceso, la observación y vigilancia de la amenaza, el control de nuevas ocupaciones ilegales, el mantenimiento de las obras de protección, y el mejoramiento de ingresos económicos de familias con alto nivel de vulnerabilidad social.

El caso de Manizales ilustra que la gestión integral del riesgo de desastres no es una disciplina profesional, ni un sector, ni una agencia. Esta experiencia confirma que la gestión del riesgo de desastres es una estrategia de desarrollo, porque para anticiparse y mejorar la resiliencia en las ciudades se necesita de una buena gobernanza para el desarrollo (Bernal *et ál.*, 2017).

11.7.2. Planificación urbana en Vargas (Venezuela)

11.7.2.1. Resumen del caso

Después del desastre de 1999 en Vargas, los nuevos planes urbanísticos elaborados y aprobados empezaron considerar de manera explícita e integral las amenazas y el riesgo; es decir, como determinantes del ordenamiento territorial y condicionantes de los usos del suelo. Sin embargo, desde el 2011, las disposiciones establecidas en los reglamentos e instrumentos de planificación no han sido tenidas en cuenta y se ha estado construyendo vivienda en las áreas que fueron afectadas por el desastre de 1999.

11.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

El estado Vargas, creado en 1999, está localizado en la cordillera Central, en región Centro-Norte de Venezuela. Vargas está considerado como la «puerta de entrada al país», ya que allí se localizan el puerto de la Guaira y el aeropuerto internacional de Maiquetía, que se encuentran a unos 35 km de la ciudad de Caracas. Tiene aproximadamente 172 km de costa sobre el mar Caribe, franja en la cual se encuentra la serranía del litoral central, donde predomina el paisaje de montaña y donde se alcanzan alturas superiores a los 2.000 m s.n.m. Está conformado por 11 parroquias. Caraballeda es una de ellas, en la cual existen asentamientos humanos que ocupan una franja de 7 km de longitud, donde convergen 5 cuencas hidrográficas. El ancho de este borde costero varía entre 200 y 2.000 metros como consecuencia del contorno topográfico del Waraira Repano (antes Parque Nacional El Ávila).

En la historia del estado Vargas se registran varios desastres relacionados con aludes torrenciales o flujos de escombros, a su vez derivados de múltiples deslizamientos detonados de forma simultánea por lluvias intensas concentradas (vaguadas y frentes fríos boreales), así como también por inundaciones repentinas propias de cuencas de alta pendiente. En diciembre de 1999, en la parroquia de Caraballeda, se presentaron numerosos aludes torrenciales que causaron daños del orden de 2.000 millones de dólares, según la CEPAL, murieron al menos 700 personas —aunque se llegó a afirmar que fueron miles— y varias decenas de miles de personas fueron afectadas en diferente grado. Otros eventos similares ya habían ocurrido como resultado de lluvias intensas y concentradas durante varios días, causando daños notables. Dichos eventos se habían presentado en el siglo XIX y en los años 1944, 1948 y 1951. El último había causado los mayores efectos antes del evento de 1999. Igualmente, otros eventos se presentaron posteriormente, en 2005, 2010 y 2011. Resulta paradójico que eventos cuyo periodo de retorno se estimaba que sería de 500 años o más

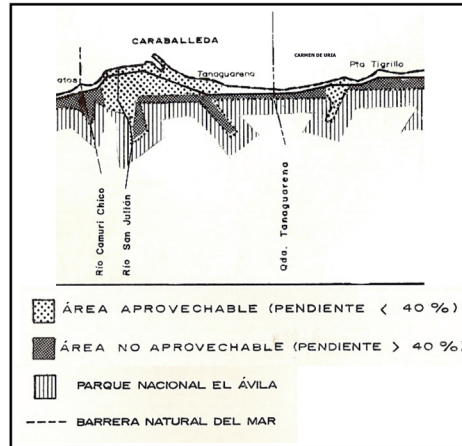
años se hayan estado presentando tan frecuentemente (Grases et ál., 2000; López y García, 2006; López, 2010).

11.7.2.3. Descripción del caso

El desastre de Vargas de 1999 marcó un antes y un después en lo que se refiere a considerar las amenazas y el riesgo en los instrumentos de planificación urbana en el país. En la mayoría de los planes que se habían realizado antes de este desastre, en la denominada región del Litoral Metropolitano (donde se ubican Vargas y la parroquia Caraballeda) solo se consideraba la pendiente del terreno como un condicionante en la reglamentación de los usos del suelo. Este criterio fue el único adoptado en el Plan de Desarrollo Urbano 1975-1990 del Litoral Metropolitano, instrumento de planificación que sirvió como base para la elaboración de la Ordenanza de Zonificación de las parroquias Catia La Mar, Maiquetía, La Guaira, Macuto, Caraballeda y Naguayatá del año 1977, y que incluso aún sigue vigente (Mendes, 2014).

En este instrumento de planificación se señalan como áreas de protección aquellas que resultan «por su situación y características físicas inadecuadas para la construcción de todo tipo de edificación. Por ejemplo, las zonas con pendiente mayor de 40 % y ubicadas por debajo de la cota 120 m s.n.m. del Parque Nacional El Ávila» (Mendes, 2014). La **Figura 11.13** ilustra las zonas que se consideraban como áreas aprovechables para el desarrollo urbano, que eran aquellas que tuvieran pendientes menores del 40 %. En estas áreas se reglamentaron usos del suelo que permitían actividades permanentes y de altas densidades; por ejemplo, el uso residencial multifamiliar.

En 2009 se aprobó el Plan de Ordenación Urbanística del estado Vargas (POUEV), teniendo en cuenta las disposiciones del plan de ordenamiento del Área de Protección y Recuperación Ambiental (APRA) formulado en 2000, después del desastre. El POUEV considera como áreas no desarrollables aquellas en donde la amenaza por aludes torrenciales es alta. Estas áreas corresponden con las zonas aledañas a los ríos, las cuales se denominan áreas con restricciones de uso para la recuperación y protección de cauce (ARU-1). Igualmente, dentro de las áreas ya desarrolladas se reglamenta el Área Residencial 1 (AR-1) (1), que corresponde a las zonas donde se permiten los usos residencial y comercial siempre y cuando a) de existir una alta amenaza por aludes torrenciales deben realizarse estudios detallados que determinen el grado de amenaza, considerando la construcción



Esquema del Plan de Desarrollo Urbano 1975-1990 del Litoral Metropolitano, 1975. Parte del plano original n.º 9, medio físico.



Daños en Caraballeda, 1999.

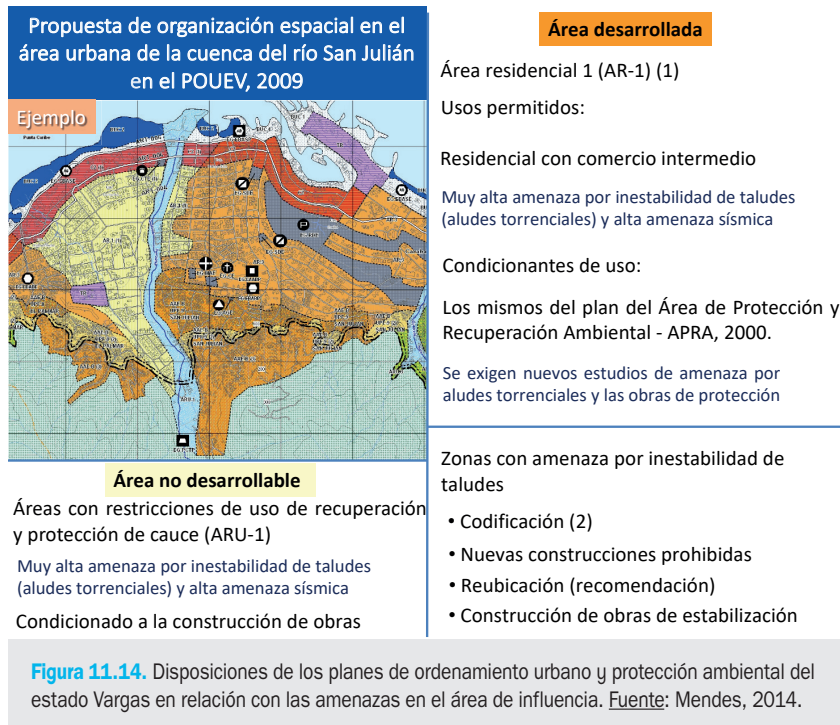
Figura 11.13. Consideración deficiente de la amenaza de inestabilidad de taludes en el plan de desarrollo urbano de 1975 (Mendes, 2014). Fuentes: fotografías de Daniel Salcedo y Sergio Mora; Proyecto El Ávila, 2003.

de obras de control hidráulico que el mismo instrumento de planificación recomienda, y b) de existir un nivel elevado de amenaza por inestabilidad de laderas debe prohibirse la construcción de nuevas edificaciones y se deben reubicar las ya existentes, exigiendo además la construcción de obras de estabilización (Mendes, 2014). La **Figura 11.14** ilustra esas disposiciones en los conos de deyección donde ha habido desarrollo urbano.

11.7.2.4. Limitaciones e interacciones

Aunque en estos instrumentos de planificación no se realizaron análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos, lo que significó un vacío para hacer una mejor identificación y evaluación de las potenciales pérdidas económicas y de vidas, la incorporación de las amenazas como determinante significó un gran acierto. La evaluación de la amenaza contribuyó a revelar o hacer manifiesto el riesgo implícito existente o que puede llegar a configurarse en el futuro en las zonas aún no ocupadas, permitiendo definir acciones que pudieran disminuir de forma correctiva y prospectiva el riesgo (Jimenez, 2010).

Desafortunadamente, aun cuando en los instrumentos de planificación urbana que se elaboraron después de 1999 se incorporó de manera explícita la gestión del riesgo, el desarrollo urbano que se realizó después en las distintas cuencas que conforman la parroquia Caraballeda no fue el más adecuado por problemas de gobernanza. La participación de múltiples actores, especialmente del ámbito nacional, aunada a la necesidad de proporcionar vivienda a las personas que resultaron afectadas, no solo en el



Planes y Proyectos Especiales y el Instituto Autónomo de la Vivienda del Estado Vargas. Fue así como en poco más de una década varias instituciones, principalmente del nivel nacional, intervinieron desde el punto de vista urbanístico en el estado, lo que significó una ejecución notable de recursos y mayor conciencia sobre el tema. Desafortunadamente, dicha institucionalidad dejó a un lado la entidad territorial a la que por ley le competía la mayoría de las acciones del nivel urbano: la Alcaldía del municipio Vargas y, adicionalmente, a la comunidad organizada. La institucionalidad coyuntural que se derivó de los eventos finalmente desapareció y se reemplazó, en parte, por Gabinetes Estatales y Municipales descritos en la ley que creó el Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socio-naturales y Tecnológicos, que en la práctica no funcionó. En este caso los beneficios fueron temporales y no se llegó a consolidar el desarrollo institucional que se esperaba (Altez y Barrientos, 2008; López, 2010).

estado Vargas, sino también en otros estados del país, llevó a la creación de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), que a partir de 2011 construyó vivienda en las áreas en las cuales no se debía construir, de acuerdo con los nuevos reglamentos e instrumentos de planificación aprobados después del desastre. Esto significa que, aunque los instrumentos de planificación fueron un gran logro por haber sido elaborados de forma consistente, el objetivo de los mismos no se logró porque sus disposiciones no se implementaron de manera apropiada por los actores institucionales que debían hacerlo. La **Figura 11.15** ilustra el desarrollo de vivienda en sitios que no debían ser ocupados, un claro ejemplo de aumento de la vulnerabilidad y del riesgo y de una maladaptación promovida por las autoridades de gobierno desde el nivel central (López, 2010; Mendes, 2014).

Al analizar el papel que los actores de gobierno, comunitarios y técnicos/científicos tuvieron en el proceso de recuperación y planificación urbana que se inició en el año 2000 en el estado Vargas, se puede observar que el inicio de un plan, programa o acción siempre estuvo antecedido por la ocurrencia de algún evento hidrometeorológico extraordinario. Debido al evento de 1999 se creó la Autoridad Única de Área del Estado Vargas, se formuló el plan de ordenamiento del Área de Protección y Recuperación Ambiental (APRA) y se creó CORPOVARGAS como entidad ejecutora. Después del evento de febrero 2005 se creó la Comisión Nacional de Gestión de Riesgos y se formuló del Plan Vargas 2005. Debido al evento de noviembre de 2010 se creó la Gran Misión Vivienda Venezuela, entraron a actuar la Oficina Presidencial de

11.7.2.5. Lecciones identificadas

Una apropiada evaluación y reducción del riesgo no solo disminuye la probabilidad de que sucedan los desastres, sino que también contribuye a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, es decir, al desarrollo sostenible. Un medio para alcanzar ese fin es el ordenamiento territorial y la planificación urbana. A pesar de los esfuerzos que se han realizado, en el ámbito nacional e internacional, aún no se tiene claro cuáles son las metodologías apropiadas, al evaluar las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, cuyos resultados puedan ser utilizados por los planificadores para generar una adecuada reglamentación de los usos del suelo, de manera tal que los tomadores de decisiones puedan implementar estrategias de gestión del riesgo de carácter prospectivo, correctivo y prescriptivo; *i.e.*, estas últimas asociadas a la obligatoriedad de expedir y hacer cumplir la reglamentación (Jimenez, 2010; Mendes, 2014). Se concluye que, desde el punto de vista de la gobernanza del riesgo y del desarrollo en general, es necesario trabajar de forma coordinada entre los diferentes actores y niveles territoriales y son claves el empoderamiento del gobierno local y la participación de la comunidad.

¿Cuánta adaptación es suficiente? Esta es una pregunta cuya respuesta está implícita en las decisiones que se toman cuando se hace la planificación del territorio en áreas propensas al impacto de eventos peligrosos. Existe aún mucho camino que recorrer para que esta pregunta sea debidamente tenida en cuenta en los procesos de transformación y desarrollo del medio físico desde el punto de vista ambiental, económico y social. No es apropiado hablar de



Figura 11.15. Nuevos urbanismos de la GMVV en las zonas de alta amenaza por inestabilidad de laderas (aludes torrenciales) en la cuenca del río Cerro Grande. Fuente: Mendes, 2014.

un desarrollo sostenible si no existe una estrategia explícita para la gestión del riesgo. Una buena planificación solo es factible si el riesgo es debidamente identificado y se define la manera de reducirlo o prevenirlo. En este caso se han identificado aciertos, pero también desaciertos en los esfuerzos realizados, y se han presentado reflexiones cuyo objetivo ha sido hacer énfasis en que es necesaria una planificación más integral que conduzca a tener ciudades resilientes, donde la adaptación y la gestión del riesgo contribuyan a un desarrollo con seguridad y equidad (Cardona, 2001, 2012, 2013).

11.7.3. Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada (Guerrero, México)

11.7.3.1. Resumen del caso

Después de haber sido afectada por deslizamientos, resultado de una fuerte presión mediática, autoridades políticas decidieron de forma apresurada que La Pintada debía ser reubicada. Sin bases técnicas sólidas se llevó a cabo su

reubicación, quedando el poblado expuesto no solo a deslizamientos, sino también a inundaciones. Se generó una falsa sensación de seguridad con las obras y las nuevas casas, pero las causas de fondo de la vulnerabilidad no se tuvieron en cuenta.

11.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

La localidad de La Pintada se ubica en el nororiente del municipio de Atoyac de Álvarez, a 62 km al noroeste de Acapulco y 257 km al sudoeste de la Ciudad de México. Pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur en la región de la Costa Grande en el estado de Guerrero. La vegetación predominante incluye bosques de pino y roble, y bosques caducifolios tropicales en la zona costera. El uso del suelo se centra en la silvicultura y la agricultura. Los incendios forestales son comunes en la región y principalmente tienen origen antropogénico. El sector norte del municipio se caracteriza por la presencia de colinas y montañas y una

erosión severa, mientras que el sector sur está formado por llanuras costeras. El clima predominante es cálido-húmedo y semicálido húmedo y la temporada de lluvias se concentra en el verano con una precipitación media anual de 1.236 mm (INAFED, 2010). Las inundaciones, deslizamientos y sismos son frecuentes en esta región.

La Pintada es considerada como una comunidad con un alto nivel de marginación o exclusión social. En 2010, tenía 628 habitantes; el 21,12 % de las personas de 15 años o más eran analfabetas y el 71,12 % no había terminado los estudios de primaria; 52,23 % no tenía acceso a los servicios de salud. De 123 viviendas, el 11,38 % no tenía instalaciones sanitarias, el 61,79 % tenía suelo de tierra; el 4,07 % carecía de electricidad, el 7,32 % carecía de canalización de agua y el 12,2 % no disponía de sistemas de alcantarillado (INEGI, 2010).

Una de sus principales actividades económicas es la agricultura, que incluye cultivos como maíz, sandía, sorgo forrajero, frijoles, café y frutas tropicales. El café solía ser la primera fuente de ingresos en La Pintada. Sin embargo, la crisis en los precios internacionales de este producto ha afectado considerablemente a las antiguas cooperativas y los pequeños productores no tienen la posibilidad de realizar inversiones más sólidas para garantizar la producción y un mercado confiable (Alcántara-Ayala et ál., 2017).

11.7.3.3. Descripción del caso

En septiembre de 2013 la precipitación derivada de la llegada simultánea de los huracanes Manuel e Ingrid desencadenó numerosos deslizamientos de tierra que afectaron a un gran número de comunidades en 20 de las 32 entidades federativas de México. Las consecuencias más devastadoras tuvieron lugar en Guerrero, el segundo estado más pobre de México, donde 2,4 millones de personas (70 % de la población total) viven en situación de pobreza, y de estas, 1,1 millones (31,7 % del total) bajo pobreza extrema (CONEVAL, 2013).

De particular importancia fue el impacto de los deslizamientos desencadenados por la precipitación del huracán Manuel en los pueblos de La Pintada, Paraíso y El Edén. No menos de 200 procesos de inestabilidad de laderas afectaron a numerosas viviendas, y las carreteras principales quedaron gravemente dañadas. La falta de comunicación duró varios días. Un deslizamiento con un volumen aproximado de 125.000 m³ ocurrió precisamente durante la conmemoración del Día de la Independencia, el 16 de septiembre, en la localidad de La Pintada (**Figura 11.16a**). Como consecuencia, 78 personas perdieron la vida, 8 fueron registradas como desaparecidas y 8 más resultaron heridas (Alcántara-Ayala et ál., 2017).

En esta región la presencia de depósitos de deslizamientos antiguos indica que se han presentado y reactivado procesos de inestabilidad de laderas por lluvias intensas y sismicidad. La inestabilidad está condicionada por la baja resistencia de los materiales que forman las laderas (principalmente

por granitos altamente intemperizados), procesos erosivos, construcción inadecuada de terrazas y vías de comunicación, vibraciones, sobrecarga de las laderas o taludes y deforestación (**Figura 11.16b**).

Si bien el desastre es el resultado de un proceso social, las instancias de Protección Civil Nacional continúan operando desde una perspectiva concentrada solamente en la gestión de emergencia y respuesta, por lo que lo ocurrido en La Pintada fue etiquetado como un «desastre natural». Esto permitió su apropiación por parte de los medios y las autoridades con fines de sensacionalismo, conformación de estereotipos y clientelismo político. Horas después del desastre, durante una campaña intensa de medios de comunicación que cubría de manera puntual la tragedia sin referirse a la situación de exposición y vulnerabilidad en que se encontraban las comunidades de las localidades aledañas y de las áreas montañosas, el Poder Ejecutivo anunció la construcción de La Nueva Pintada (Olson, 2013).

Bajo la dirección del Gobierno del Estado, se realizaron obras de ingeniería en la ladera en la que ocurrió el deslizamiento con la finalidad de mejorar su estabilidad en la corona y los flancos; estas obras incluyeron trabajos de anclaje y recubrimiento, la construcción de cunetas, contracunetas, lavaderos y reforestación (CENAPRED, 2017) (**Figura 11.16c**). Asimismo, de manera prácticamente inmediata, sin bases técnicas sólidas, se identificó el sitio para la reubicación, en el cual durante los meses posteriores se reconstruiría no solo el poblado, sino también un nuevo riesgo de desastre (**Figura 11.16d**). El titular de una de las Secretarías involucradas en la reconstrucción hizo referencia a la puesta en marcha de un proyecto para estabilizar los cerros en La Pintada y en El Paraíso «para hacerlos completamente seguros y evitar así cualquier tipo de incidente...» (NOTIMEX, 2014), enfatizando una certidumbre en torno a la anulación del riesgo: «...y tenemos una certeza del cien por ciento de que lo que estamos haciendo impedirá cualquier tipo de accidente en el futuro» (Aguilar, 2014). Dichos pronunciamientos políticos facilitaron que se generara una percepción errónea acerca del grado de seguridad y del riesgo para una población extremadamente vulnerable.

Después de una visita de evaluación realizada a la comunidad de La Pintada en 2017, el Centro Nacional de Prevención de Desastres expidió un informe indicando que los trabajos de estabilidad de la ladera afectada por el deslizamiento no estaban siendo efectivos (CENAPRED, 2017). Algunas obras de drenaje superficial, como canaletas y salidas de agua construidas en 2015 y 2016, se encontraban obstruidas por vegetación, y la presencia de agrietamientos, varios de los cuales fueron reparados sin éxito, representaba fuentes de infiltración de agua hacia el subsuelo y, en consecuencia, de potencial inestabilidad.

El proyecto de reconstrucción y reubicación de La Nueva involucró la construcción de 187 viviendas, un nuevo centro escolar y de salud, un parque público, una alberca y una iglesia. Todo ello estaba ubicado a unos metros de la zona de depósito del deslizamiento ocurrido el 16 de septiembre



Figura 11.16. Localidad de La Pintada: (a) deforestación en diversas zonas del municipio de Atoyac de Álvarez (imagen de satélite Google Earth Pro); (b) deslizamiento desencadenado por precipitación el 16 de septiembre de 2013 (fotografía de Ricardo J. Garnica-Peña); (c) obras de mitigación (fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED), y (d) construcción de viviendas para la relocalización de La Nueva Pintada (fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED).

tres niveles de gobierno deben sustentarse en un enfoque de gestión integral del riesgo, hay una reiterativa incoherencia entre el marco normativo existente y su implementación. Se adolece de componentes de transversalidad de la gestión entre los actores involucrados. La gestión integral del riesgo se queda en el papel y es rebasada por la práctica de la reacción y la emergencia.

Por ejemplo, se consideran como delitos graves la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgo. Sin embargo, la creación de La Nueva Pintada por parte del Gobierno estatal con fondos federales mediante la reconstrucción del poblado en la planicie de inundación de la misma localidad adoleció de un análisis consensuado de amenazas y riesgo que sustentara esa decisión (**Figura 11.17**). Esto ilustra la falta de comunicación de la comunidad científica con los tomadores de decisiones y que no ha existido una estrategia política vinculante que garantice la adopción de decisiones basada en el conocimiento científico.

Un proceso de reasentamiento o reubicación exige un esfuerzo multisectorial y la convergencia de actores institucionales de los diferentes niveles nacional, estatal y municipal. En este caso, la necesidad de reducir o eliminar el riesgo implicó ese tipo de interacciones de forma positiva, por lo cual puede afirmarse que pensar en reubicar la población, debido al riesgo, derivó en procesos beneficiosos de fortalecimiento institucional y trabajo comunitario. Sin embargo, el beneficio podría haber sido mayor si se hubiese vinculado la institucionalidad técnica, que hubiera podido aportar la evaluación de la amenaza y el riesgo en el nuevo sitio donde se definió que se llevaría a cabo la relocalización, un lugar sobre el

de 2013 y en la llanura de inundación de uno de los muchos afluentes del río Atoyac (**Figura 11.17**). En otras palabras, se pasó de un sitio de riesgo a otro sitio que también está en riesgo por otro tipo de problemática ambiental.

que no se hicieron los debidos estudios y por lo cual se pasó de un sitio en riesgo a otro sitio que también está en riesgo por otro tipo de problemática ambiental.

11.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Aunque la legislación nacional vigente de Protección Civil hace referencia a que los programas y estrategias de los

11.7.3.5. Lecciones identificadas

En 2014, a tan solo un año del desastre, México recibió el reconocimiento Global Partner Award, otorgado por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e



Figura 11.17. Obras de mitigación de la ladera afectada por el deslizamiento y reubicación de La Nueva Pintada en la planicie de inundación. Fuente: fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED.

Investigaciones (Unitar) por la reconstrucción de La Pintada por parte de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu). Esto ilustra que según como se presente el caso se puede entender como un éxito o un fracaso. Desde el punto de vista de la Ley General de Protección Civil, que establece que la gestión integral del riesgo debe ser incorporada como un aspecto fundamental en la planeación del desarrollo y ordenamiento, es evidente que falta mucho por hacer para entender que, más allá de la respuesta y del sensacionalismo nacional e internacional, la atención a los impulsores del riesgo, como la pobreza, la marginación, la exclusión social, la fragilidad de los medios de vida, la ocupación de viviendas precaria, la degradación ambiental, entre otros, es un requisito para la reducción del riesgo de desastre y la adaptación.

Actualmente la población de La Pintada y las localidades aledañas enfrentan una crisis por los efectos de la roya en el café, lo que ha significado pérdidas de más del 90 % de la producción, situación que agrava su precario modo de subsistencia.

Se concluye que, aparte de la necesaria integralidad de la gestión del riesgo, es importante tener en cuenta que las solas intervenciones de carácter ingenieril para la reducción del riesgo pueden generar una falsa sensación de seguridad ante la amenaza que se trata de disminuir o ante otras amenazas. También que la desatención a las causas de fondo que generaron la ocupación original (pobreza, marginación, fragilidad, etc.) han derivado en que la expansión de La Pintada se haya llevado a cabo en condiciones inseguras. Es decir, que se atendió el caso con una visión reducida y que poco se hizo para intervenir los procesos generadores y subyacentes de la vulnerabilidad y del riesgo; esto significa que se hizo un cambio sin transformación.

11.7.4. Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro (Brasil)

11.7.4.1. Resumen del caso

Desastres por inestabilidad de taludes han ilustrado que el desarrollo urbano en áreas propensas de Río de Janeiro no ha tenido en cuenta las amenazas y el riesgo como condicionantes en la planificación. Los eventos recientes han estimulado el impulso de proyectos de fortalecimiento institucional en todos los niveles y el desarrollo de numerosos sistemas de alerta a nivel local, con logros parciales que exigen un mayor énfasis en el trabajo comunitario.

11.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

La región montañosa del estado de Río de Janeiro, ubicada en el Sudeste de Brasil, se caracteriza por condiciones locales (*i.e.*, geológicas, geomorfológicas y climatológicas) que favorecen la inestabilidad de taludes (Dourado *et ál.*, 2012). A esta situación se suman otras condiciones adversas, como el uso y ocupación de las laderas —tanto urbano formal como informal—, así como la deforestación, que propician escenarios de desastres. Al igual que en otros lugares, los desastres causados por deslizamientos en esta región se deben principalmente a la falta de la gestión del riesgo en planificación urbana y de preparación de las instituciones involucradas en la prevención y respuesta frente a este tipo de eventos.

Históricamente, en esta región han sucedido desastres debido a deslizamientos causados por la ocupación inapropiada del suelo a partir de la década de 1950 (Freitas *et ál.*, 2012; Guerra *et ál.*, 2007). En enero de 2011, ocurrió el que se considera como uno de los mayores desastres por inestabilidad de laderas en Brasil en los últimos años (Brasil, 2012). De acuerdo con un estudio realizado por el Banco Mundial (2012), siete municipios de la región registraron pérdidas que llegaron aproximadamente a 2,03 millones de dólares, lo cual derivó en efectos importantes en los sectores sociales, en la infraestructura y de tipo productivo y ambiental. Se registraron 918 muertos, 8.795 personas sin refugio y 22.604 desplazados (Freitas *et ál.*, 2012). No hay precisión acerca del número de desaparecidos, pero se estima que pudieron ser aproximadamente 350 personas (Brasil, 2012).

11.7.4.3. Descripción del caso

Después del desastre de 2011, a nivel local, con recursos estatales, se tomaron varias medidas para mejorar la estructura de las ciudades. Se realizaron obras de ingeniería y se impulsó la reforestación y recomposición de la

vegetación para reducir la posibilidad de deslizamientos e inundaciones (Neheren et ál., 2014). También desde el punto de vista institucional se han impulsado múltiples proyectos, dentro de los cuales es importante destacar la creación, a nivel federal, del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), que se ha caracterizado no solamente por hacer seguimiento de las condiciones del tiempo, sino también por realizar un abordaje integrado e interdisciplinario del riesgo, incluyendo aspectos de meteorología, geociencias, hidrología, y también de la vulnerabilidad.

Como resultado del desarrollo interinstitucional detonado por el desastre, se impulsaron nuevos proyectos piloto para las ciudades con mayor número de eventos históricos, como Petrópolis y Nova Friburgo, municipios de la región Serrana de Río de Janeiro. Estos municipios participaron del proyecto Gides (Fortalecimiento de la Estrategia Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres), apoyado directamente por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y desarrollado por el Ministerio de las Ciudades, el CEMADEN, el Servicio Geológico de Brasil y el Centro Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres. El objetivo del proyecto fue llevar a cabo la cartografía de áreas, observación y vigilancia, planificación urbana, respuesta y reconstrucción, con el propósito de lograr una gestión integrada del riesgo de desastres por inestabilidad de taludes. Además del Gobierno federal, también se tuvo la participación efectiva de los gobiernos estatales y municipales a lo largo de toda su ejecución.

En el periodo de 2013 a 2017, se realizaron continuamente reuniones entre los participantes del Gobierno federal, se llevaron a cabo múltiples visitas de campo a los municipios y se realizaron seminarios de intercambio entre técnicos de Brasil y Japón. En lo relacionado con la cartografía de áreas de amenaza, vigilancia y alertas, se probaron metodologías durante la etapa piloto, involucrando técnicos de los municipios y de los estados y expertos de los dos países (JICA, 2018). Entre los resultados tangibles, se destacan: el desarrollo de una metodología de cartografía de áreas de amenaza por deslizamientos, que considera aspectos topográficos y estadísticos (CPRM, 2018); una mejor articulación entre los niveles de alerta y las acciones de respuesta en los tres niveles de gobierno (SEDEC, 2018); la elaboración de un sistema hasta entonces inexistente para Brasil para la observación y vigilancia de la amenaza por deslizamientos, basado en el método antes mencionado (CEMADEN, 2018), y la formulación de directrices para la planificación urbana municipal, considerando la susceptibilidad de deslizamientos (MCid, 2018). En resumen, el ejemplo del proyecto Gides ilustra la importancia de los enfoques multisectoriales e interdisciplinarios para la gestión del riesgo de desastres como medida de adaptación frente el escenario futuro de un clima cambiante. En mayo de 2017, el proyecto Gides recibió un diploma de distinción en el marco del Premio Sasakawa como reconocimiento a la contribución en la gestión del riesgo derivado de la amenaza por inestabilidad de laderas en Brasil (UNISDR, 2017b).

11.7.4.4. Limitaciones e interacciones

En general, los proyectos interinstitucionales que se impulsaron después del desastre de 2011 han orientado parte de sus esfuerzos a contar con sistemas de observación, vigilancia y alerta con el objetivo de salvar vidas y minimizar los daños materiales durante situaciones de emergencia. Con el uso de sirenas y el servicio de mensajes cortos (SMS, *Short Message Service*), por ejemplo, se ha buscado, para cuando sea necesario, facilitar la evacuación oportuna de la población expuesta.

En la ciudad de Río de Janeiro se implementó, desde 2011, un sistema de este tipo que cuenta con 102 sirenas localizadas en las zonas propensas a deslizamientos. El citado Sistema de Alerta y Alarma Comunitario de Lluvias Fuertes utiliza altavoces y sirenas que se activan a partir de ciertos valores críticos de precipitación, de acuerdo con protocolos establecidos para el efecto por la Defensa Civil de Río de Janeiro (2011). Los mensajes de alerta se reproducen constantemente entre las seis de la mañana y las diez de la noche; solo en casos extraordinarios la emisión se realiza fuera de ese lapso. Una vez evacuada la población de las zonas de peligro, esta debe dirigirse a albergues o refugios previamente identificados. Una experiencia similar ha sido implementada en la cuenca del arroyo Dantas, en Nova Friburgo, en el estado de Río de Janeiro, un área que fue altamente afectada por deslizamientos en enero de 2011 (Freitas et ál., 2012).

De acuerdo con las investigaciones realizadas, se considera que, en general, la interacción de las sirenas con la población ha sido positiva. Sin embargo, todavía hay resistencia de la población a evacuar sus viviendas cuando se presentan situaciones de emergencia. La baja participación se atribuye, principalmente, al temor de los habitantes de dejar sus casas solas y que puedan ser saqueadas, a la poca organización de los albergues temporales y a la escasa confianza que se tiene en las instituciones públicas de Río de Janeiro (Melo et ál., 2017). En Nueva Friburgo, los residentes han sido indiferentes al sistema allí implantado, pues en la práctica no reconocen que viven en un área de peligro y permanecen en sus casas aun cuando se activan las sirenas (Ximenes et ál., 2017).

En ambos casos, en Río de Janeiro y en la cuenca del arroyo Dantas, el fracaso del sistema de sirenas se atribuye a la forma como este sistema ha sido implementado, particularmente por no haber involucrado de forma apropiada a los habitantes; por ejemplo, en la selección participativa de los sitios para los albergues (Melo et ál., 2017; Ximenes et ál., 2017; Freitas y Coelho Netto, 2016). Esta situación ilustra que para que un sistema de alerta tenga éxito es necesario promover un proceso o estrategia de adaptación ascendente, que facilite y estimule la participación social desde su concepción hasta su implementación y funcionamiento. En resumen, de este proceso se ha concluido que soluciones puramente tecnocráticas son usualmente ineficientes como medidas de adaptación, razón por la cual

deben asociarse con procesos de interacción con la comunidad, que promuevan su participación en todas las etapas de este tipo de proyectos.

En contraste, un ejemplo de organización autónoma en la observación, vigilancia y alerta se ha identificado también en la cuenca del arroyo Dantas. Los residentes del barrio Cardinot, en la parte alta de la cuenca, se comunican con los demás vecinos, alertándoles de las fuertes lluvias que se presentan en la parte alta. Esta red de comunicación se conformó a lo largo de dos décadas por iniciativa de algunos líderes comunitarios. Cuando se presentaron las lluvias de enero de 2011, la comunicación entre estos pobladores posibilitó la evacuación anticipada de 28 personas de las áreas de peligro. Esta experiencia se reconoció como exitosa por la Red de Gestión de Riesgo y Desastres (REGER), que viabilizó una donación a radioaficionados, un medio muy estable de comunicación durante tempestades, lo que ha posibilitado la continuidad de este sistema entre los vecinos del barrio (Ximenes et ál., 2017).

Esta experiencia ilustra la importancia de promover un trabajo interinstitucional y multisectorial en todos los niveles de gobierno cuando se trata de la gestión del riesgo y, por lo tanto, de la adaptación. Esto redundará en fortalecimiento y desarrollo institucional tanto a nivel municipal y estatal como federal. Una visión integral de la problemática del riesgo facilita la efectividad del trabajo de las entidades de acuerdo con el ámbito de su competencia en el marco de una organización de múltiples actores e interesados, dentro de la cual es necesario involucrar a la comunidad para lograr una mayor gobernanza y reducir el riesgo efectivamente.

11.7.4.5. Lecciones identificadas

El problema del riesgo por deslizamientos en Brasil empezó a aumentar notablemente a medida que crecieron las ciudades y se ocuparon zonas inestables. Esto se debió a la falta de una apropiada planificación urbana que considerara la amenaza y el riesgo que este tipo de eventos representa.

Para reducir el riesgo, es necesario un enfoque integral e interinstitucional que permita definir medidas apropiadas y efectivas de reducción de la amenaza y la vulnerabilidad, de acuerdo con el ámbito de competencia de las entidades organizadas con ese propósito en cada nivel territorial.

La gobernanza del riesgo se logra en la medida en que los actores institucionales y las comunidades se integren en procesos participativos que permitan la búsqueda de soluciones que involucren a todos los interesados y generen confianza entre las partes. Visiones tecnocráticas de la gestión del riesgo pueden ser insuficientes dado que la problemática implica que las comunidades son también actoras de este tipo de procesos asociados del desarrollo.

11.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

En general, las medidas de intervención, tanto formales como autónomas, frente a la amenaza y el riesgo por inestabilidad de taludes o deslizamientos se han realizado desde siempre y sobre todo desde que el problema se ha exacerbado a medida que las ciudades se han expandido de forma inapropiada hacia zonas de ladera propensas a la inestabilidad. Estas medidas no necesariamente se han conocido, ni siquiera por parte de las entidades encargadas de enfrentar el problema, como gestión del riesgo de desastres —solo hace muy pocos años en algunos sitios— y aún menos como adaptación. La denominación como lo uno o lo otro posiblemente no tiene especial relevancia en la medida en que se logre el propósito de que estos eventos afecten menos los sistemas humanos y naturales. Por lo tanto, es deseable en el futuro evitar controversias innecesarias acerca de la denominación y hacer notar, explícitamente, que la gestión del riesgo de desastres es, sin duda, adaptación en este como en otros casos. En general, es importante admitir que, en lo local, el riesgo es la principal manera como se manifiesta el cambio climático. Por lo tanto, la gestión del riesgo desde una perspectiva integral es la mejor manera de promover la adaptación (Cardona, 2012).

Ha existido una tendencia y sesgo desafortunado de considerar que la preparación y respuesta a emergencias es la gestión del riesgo de desastres. Esto se debe a la visión reducida de varios actores políticos y sobre todo de las entidades operativas de atención de emergencias y desastres, que se han apropiado de este concepto que implica una visión más amplia, asociada a la gestión del desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad. En realidad, la gestión integral del riesgo se focaliza no solo en el desastre, sino también en las condiciones que propician el desastre; es decir, la exposición y la vulnerabilidad (Cardona et ál., 2012). La gestión del riesgo implica procesos *ex ante*, como el conocimiento del riesgo (asociado a la investigación, evaluación de las amenazas y de la vulnerabilidad, así como a la percepción e interpretación del riesgo) y la reducción o intervención del riesgo (de forma correctiva o de forma prospectiva, con el fin de modificar los factores subyacentes de los que se deriva). Obviamente, la gestión del riesgo implica acciones *ex post*, como la respuesta, la rehabilitación y la recuperación, que constituyen, en general, el manejo de desastres (*i.e.*, una vez ya ocurrido el desastre), cuyo propósito es alertar, responder y llevar a cabo procesos de reconstrucción en los cuales se debe evitar reconstruir la vulnerabilidad existente previamente al desastre (Carreño et ál., 2007). De lo anterior se desprende que una buena adaptación al cambio climático es promover una efectiva gestión integral del riesgo de desastres, lo cual implica no solamente tener en cuenta los eventos climáticos, sino también de otro tipo si son relevantes, al igual que la reducción

de la vulnerabilidad frente a dichos eventos. Esto es evidente en el caso de la inestabilidad de laderas, que es una geoamenaza que depende tanto de la frecuencia como de la intensidad de las precipitaciones, como también, por ejemplo, de la actividad sísmica y del deterioro ambiental. Promover estructuras interinstitucionales de adaptación frente al cambio climático paralelas a las de gestión del riesgo no parece ser lo más apropiado debido a la posible duplicidad de funciones. El aumento de la resiliencia, fortaleciendo la institucionalidad, así como la participación de las comunidades en riesgo, que son objetivos explícitos de la gestión del riesgo, deben ser también propósitos de la adaptación. Esfuerzos para la adaptación del nivel internacional, nacional y local deberían encaminarse, en el futuro, a ampliar y fortalecer la capacidad y efectividad de la gestión del riesgo de desastres.

El riesgo es un común denominador o nexo de visiones de diferentes disciplinas y sectores, como la gestión del desarrollo, la gestión ambiental, la sostenibilidad, la adaptación al cambio climático y la propia gestión del riesgo, entre otras perspectivas (**Figura 11.18**). Una visión fragmentada de la problemática es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad, por lo cual es deseable que en el futuro se impulse como estrategia de desarrollo, sostenibilidad, adaptación y transformación y la gestión del riesgo, y entenderla como la adaptación propiamente dicha (UNISDR, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017a; RNI, 2017; Cardona, 2019).

11.9. Conclusiones

En el caso de eventos como los deslizamientos u otros de origen climático, la gestión del riesgo de desastres y la

adaptación son considerados como procesos complementarios. Sin embargo, en la medida en que se entienden como procesos integrales, interinstitucionales, multisectoriales e interdisciplinarios, estos dos procesos coinciden, pues no es muy factible hablar de adaptación frente a ese tipo de eventos sin referirse a la gestión del riesgo.

La adaptación y la gestión del riesgo se vienen realizando desde tiempo atrás y se han referenciado con denominaciones diferentes en ingeniería, planeamiento, desarrollo y otras formas de gestión institucional y comunitaria. Promover la gestión del riesgo de desastres es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo por deslizamientos no se asocie al cambio climático en todos los casos.

Es inevitable admitir que puede existir una importante influencia antropogénica en la amenaza por inestabilidad de taludes debido a que la intervención humana en el entorno puede exacerbar el evento mismo. El deterioro de cuencas hidrográficas y del ambiente deriva en el aumento de dicha amenaza. También el riesgo aumenta debido a la acción antrópica por la ocupación inapropiada y la desestabilización de áreas que antes no lo eran. Por esta razón esta amenaza no solo se considera de origen natural, sino también socionatural.

El incremento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del cambio climático es un factor que amplifica la amenaza y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos. Sin embargo, dado que el aumento de esta amenaza se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, es difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático.

Existen muchas metodologías de evaluación de la amenaza y el riesgo, pero no todas son igualmente robustas y apro-

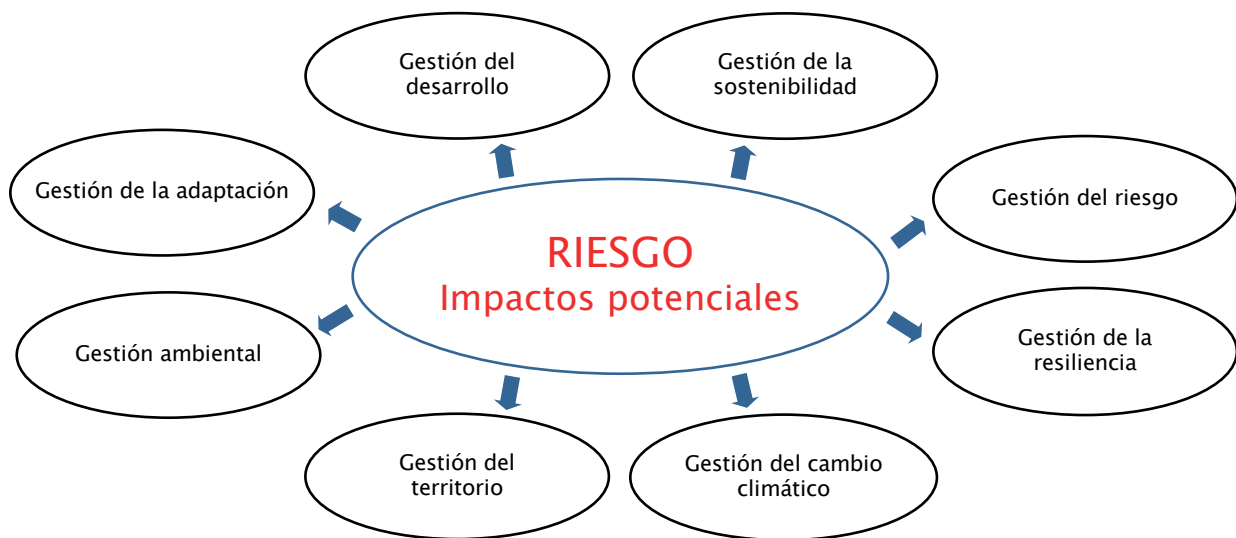


Figura 11.18. El riesgo es un común denominador o nexo de las visiones de planificación y gestión de diferentes disciplinas y sectores. Fuente: elaboración propia a partir de UNISDR, 2017a; RNI, 2017; Cardona, 2019.

piadas para el tipo de decisiones que es necesario promover. La efectividad de la gestión integral del riesgo o de la adaptación tiene mucho que ver con el uso de información relevante y apropiada y la aplicación idónea de modelos que permitan el diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. La trivialización del problema o el uso de información que no induce acciones claras de intervención conduce a maladaptación.

Desde el punto de vista de la adaptación planificada o descendente, el problema de la inestabilidad de laderas ha sido abordado como un asunto de ingeniería, de ordenamiento territorial y de sistemas de alerta desde tiempo atrás y con otros nombres. Evaluar apropiadamente la amenaza y el riesgo para que sirvan de determinantes del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos, el mejoramiento de barrios, la construcción de obras de estabilidad y control de la erosión, los seguros colectivos y la implementación de sistemas de alerta son políticas que forman parte del menú de acciones formales de gestión del riesgo y adaptación que deben promoverse.

Hay ejemplos de adaptación autónoma o ascendente frente a la amenaza por deslizamientos asociados a la manera como algunas comunidades han llevado a cabo de forma acertada terrazas escalonadas en laderas y control de aguas para evitar la inestabilidad. Los sistemas de alerta comunitarios implementados por iniciativa de habitantes de áreas susceptibles a la remoción en masa son otras de las acciones que han sido efectivas dado que han involucrado a la comunidad en la observación y vigilancia y posterior aviso a personas ubicadas en áreas propensas a la inestabilidad de laderas.

Desde el punto de vista de la política pública, la gestión del riesgo de desastres o la adaptación frente a la amenaza de inestabilidad de laderas no debe llevarse a cabo en forma fragmentada, ni de forma solamente sectorial, ni por una sola institución. Para que sea efectiva, ha de implicarse un proceso integral sin el cual son imposibles la sostenibilidad y la transformación del desarrollo. Por ello es un reto hacer que la gestión del riesgo se considere, para todos sus efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo.

Preguntas frecuentes

1. ¿Es la gestión del riesgo de desastres, en materia de inestabilidad de laderas o deslizamientos, un proceso o conjunto de actividades de adaptación?

En el caso de eventos como los deslizamientos u otros de origen climático, en general, la gestión del riesgo de desastres y la adaptación han sido considerados procesos complementarios. Esto se debe a que existen diferentes enfoques acerca de lo que significan ambos conceptos. En la medida en que se han entendido como procesos integrales, interinstitucionales, multisectoriales e interdisciplinarios, estos dos procesos se consi-

deran básicamente lo mismo. Por esta razón, cuando se los trata como política pública, estos dos procesos coinciden, pues no es muy factible hablar de adaptación frente a este tipo de eventos sin referirse a la gestión del riesgo. Ahora bien, estas acciones en algunos lugares se vienen realizando desde tiempo atrás y se han referenciado con denominaciones diferentes en ingeniería, planeamiento, desarrollo y otras formas de gestión institucional y comunitaria. En síntesis, promover la gestión del riesgo de desastres es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo por inestabilidad de laderas, en general, no se asocie al cambio climático en todos los casos.

2. ¿Por qué la amenaza por inestabilidad de laderas o deslizamientos se considera una amenaza socionatural?

Durante mucho tiempo las amenazas han sido clasificadas como naturales, antrópicas y biológicas. Sin embargo, en algunos casos, como las inundaciones y los deslizamientos, es inevitable admitir que puede existir una importante influencia antropogénica por la intervención humana que se presenta en el entorno y que puede exacerbar el evento mismo. El deterioro de cuencas hidrográficas y del ambiente, por ejemplo, deriva en el aumento de dichas amenazas. En el caso de la inestabilidad de laderas, es bastante común que la amenaza y el riesgo aumenten a causa de la acción antrópica por la ocupación inapropiada y la desestabilización inducida de áreas que antes eran estables. Este tipo de amenaza, en general, no es considerada solamente de origen natural, sino también socionatural.

3. ¿Se puede atribuir el riesgo por inestabilidad de laderas al cambio climático?

Si los procesos de remoción en masa se deben en buena parte a la acción de las precipitaciones como detonante de los procesos de inestabilidad, se considera que el aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del cambio climático es un factor que aumenta la amenaza y, por lo tanto, el riesgo de los elementos expuestos frente a este tipo de eventos. Sin embargo, el aumento de la amenaza por deslizamientos también se debe, en muchas ocasiones, al deterioro ambiental y en general a la acción humana, lo que hace difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático y aún más el riesgo, cuando asimismo este depende en gran parte del aumento de la vulnerabilidad. En la mayoría de los casos el riesgo es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio, lo que no siempre se debe al cambio climático.

4. ¿Cómo influye el enfoque y metodología para la evaluación del riesgo en la planificación?

En general se considera que para decidir hay que medir y lo que no es dimensionado no puede ser adminis-

trado. Existen muchas metodologías de evaluación de la amenaza y el riesgo, pero no todas son igualmente robustas y apropiadas para el tipo de decisiones que es necesario promover. La efectividad de la gestión del riesgo o la adaptación tiene mucho que ver —más de lo que usualmente se considera— con el uso de información correcta y conveniente y la aplicación idónea de modelos que permitan el diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. La trivialización del problema o cuando los resultados no inducen acciones claras de intervención, bien soportadas, no se genera efecto alguno, y si son técnicas o métodos inapropiados, conducen a maladaptación.

5. ¿Cuáles son las principales medidas de adaptación planificada en el caso de la inestabilidad de laderas?

Desde el punto de vista institucional y desde tiempo atrás, el problema de la remoción en masa ha sido abordado como un asunto de ingeniería (cuando se hacen tratamientos de áreas inestables con obras de control de erosión y de aguas o de estabilidad) o de ordenamiento territorial (cuando la zonificación de áreas susceptibles o de amenaza se utiliza como determinante de la planificación urbana y de los usos del suelo). También hay instituciones del ámbito local, regional o nacional que promueven la puesta en marcha de sistemas de alerta frente a este tipo de eventos. Por esta razón, aunque no es generalizado, evaluar apropiadamente la amenaza y el riesgo para que sirvan de determinantes del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos, el mejoramiento de barrios, la construcción de obras de estabilidad y el control de la erosión, los seguros colectivos y la implementación de sistemas de alerta son políticas, programas y acciones que se deben promover en los diferentes países como acciones de gestión del riesgo y adaptación.

6. ¿Qué tipo de adaptación autónoma se conoce en el caso de la inestabilidad de laderas?

Aunque se trata de un problema que exige conocimiento en términos de ingeniería y ciencias de la tierra, hay ejemplos de adaptación de comunidades frente al problema cuando se han realizado de forma acertada terrazas escalonadas en laderas y control de aguas para evitar la inestabilidad; trabajos de este tipo son incluso técnicas que se han desarrollado a lo largo de los siglos y que actualmente se consideran un ejemplo de gestión del riesgo tradicional. Otro ejemplo, en diferentes países, lo tipifican los sistemas de alerta comunitarios, implementados por iniciativa de habitantes localizados en áreas susceptibles a la inestabilidad de laderas. Estas iniciativas son usualmente muy efectivas dado que involucran a la comunidad en la observación y vigilancia, así como también en el aviso a las personas ubicadas en áreas propensas a este tipo de eventos.

Estas iniciativas han sido en ocasiones fortalecidas por ONG, gobiernos locales e instituciones de diferentes niveles territoriales.

7. ¿Es la gestión del riesgo o la adaptación una estrategia de desarrollo?

Desde el punto de vista de la política pública, la gestión del riesgo de desastres o la adaptación frente a la amenaza por deslizamientos no puede llevarse a cabo de forma fragmentada, ni de forma solamente sectorial, ni por una sola institución. Para que sea efectiva, debe implicar un proceso integral, interinstitucional, multi-sectorial e interdisciplinario sin el cual no es posible la sostenibilidad ni un desarrollo con transformación. Por ello, es un reto conseguir que la gestión del riesgo se considere, a todos los efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Este capítulo recibió importantes aportaciones y sugerencias de Sergio Mora Castro, Luis Gamarra, Virginia Jiménez y Dora Catalina Suárez O., quienes revisaron con detalle su contenido. Se agradecen su dedicación y sus contribuciones, que permitieron mejorar el trabajo de los autores.

Bibliografía

- Aguilar, R.**, 2014: La reconstrucción en Guerrero no es como la «pintan», *Excelsior*, 6 de abril de 2014. Consultado el 3 de julio de 2019, <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/04/06/952600>
- Alcántara-Ayala, I.**, 2000: Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 41, pp. 7-45.
- Alcántara-Ayala, I.**, 2016: On the multi-dimensions of Integrated Research on Landslide Disaster Risk. En: *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice* [Aversa, S., L. Cascini, L. Picarelli y C. Scavia (eds.)]. CRC Press, Balkema, Taylor & Francis Group, 1, pp 155-168.
- Alcántara-Ayala, I., R.J. Garnica-Peña, L. Domínguez-Morales, A. González-Huesca y A. Calderón-Vega**, 2017: The La Pintada landslide, Guerrero, Mexico: hints from the Pre-Classic to the disasters of modern times. *Landslides*, 14, 3, 277-291.
- Alcaldía de Manizales**, 2016: *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*. Plan de Desarrollo de Manizales.
- Altez, R. y Y. Barrientos**, 2008: *Perspectivas venezolanas sobre riesgos: Reflexiones y experiencias*, vol. 1. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 450 pp.
- Aristizabal, E. y M. Hermelín**, 2010: Propuesta de zonificación del suelo para la gestión del riesgo enfocada al ordenamiento territorial. En: *Gestión y Ambiente*, 14(2), 7-16. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Banco Mundial**, 2012: *Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro de 2011*. Relatório

- elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, Brasil, 63 pp.
- Bernal, G.A., M.A. Salgado-Galvez, D. Zuloaga, J. Tristancho, D. Gonzalez y O.D. Cardona, 2017:** Integration of Probabilistic and Multi-Hazard Risk Assessment Within Urban Development Planning and Emergency Preparedness and Response: Application to Manizales, Colombia. *International Journal of Disaster Risk Science*, Springer. Consultado el 12 de febrero de 2018: DOI: 10.1007/s13753-017-0135-8C
- Birkmann, J., D. Chang Seng y D.C. Suárez, 2011:** Manizales, Colombia (caso de estudio). En: *Adaptive disaster risk reduction: Enhancing methods and tools of disaster risk reduction in the light of climate change*, 34-39. DKKV Publication Series 43. German Committee for Disaster Reduction, Bonn, Germany. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.dkkv.org/fileadmin/user_upload/Veroeffentlichungen/Publikationen/DKKV_43_Adaptive_Disaster_Risk_Reduction.pdf
- Birkmann, J., O.D. Cardona, M.L. Carreño, A.H. Barbat, M. Pelling, S. Schneiderbauer, S. Kienberger, M. Keiler, P. Zeil y T. Welle, 2013a:** Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Journal of Natural Hazards*, 67, 193-211. Consultado el 12 de febrero de 2018, DOI: 10.1007/s11069-013-0558-5
- Birkmann, J., S.L. Cutter, D.S. Rothman, T. Welle, M. Garschagen, B. van Ruijven, B. O'Neill, B.L. Preston, S. Kienberger, O.D. Cardona, T. Siagian, D. Hidayati, N. Setiadi, C.R. Binder, B. Hughes, y R. Pulwarty, 2013b:** Scenarios for vulnerability: opportunities and constraints in the context of climate change and disaster risk. *Climatic Change*, 133 (1), 53-68, Springer, DOI: 10.1007/s10584-013-0913-2
- Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis y B. Wisner, 1996:** *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres*. La RED – ITDG, Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia, 374 pp.
- Brasil, 2012:** *Anuário Brasileiro de Desastres Naturais: 2011*. Cenad, Brasília, Brasil, 82 pp.
- CAF, 2000:** *Las Lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998: Retos y propuestas para la Región Andina*. Seis volúmenes. Corporación Andina de Fomento.
- CAF, 2018:** *Enfrentar el riesgo: Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina*. Corporación Andina de Fomento [Cohen, M., M. Guttman y M. Carrizosa (eds.)]. Consultado el 3 de julio de 2019, <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1416?from=caf.com>
- Campos, A, N. Holm-Nielsen, C. Díaz, D.M. Rubiano, C.R. Costa, F. Ramírez y E. Dickson (eds.), 2012:** *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: Un aporte para la construcción de políticas públicas*. Banco Mundial, Bogotá, Colombia: 436 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://documents.worldbank.org/curated/en/671321468026993367/pdf/701030ESWOP1290ESTIONODELORIESGOweb.pdf>
- Cárdenas, M. y M. Rodríguez (eds.), 2013:** *Desarrollo económico y adaptación al cambio climático*. Fondo Nacional Ambiental, FESCOL, 221 pp.
- Cardona, O.D., 1993:** Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: Dos Temas Asociados. En: *Los Desastres No son Naturales* [Maskrey, A. (comp.)]. LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia.
- Cardona, O.D., 2001:** *Evaluación holística del riesgo utilizando sistemas dinámicos complejos*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.ipcc.ch/apps/njlite/srex/njlite_download.php?id=6473
- Cardona, O.D., 2004a:** Curriculum adaptation and disaster prevention in Colombia. En: *International Perspectives on Natural Disasters* [Stolman, J., J. Lidstone y L. De Chano (eds.)], pp. 394-408. Dordrech: Kluwer.
- Cardona, O.D., 2004b:** The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. En: *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People* [Bankoff, G., G. Frerks y D. Hilhorst (eds.)], Earthscan Publishers, London.
- Cardona, O.D., 2009:** *La gestión financiera del riesgo de desastres: Instrumentos financieros de retención y transferencia para la comunidad andina*. Comunidad Andina, Comisión Europea, PREDECAN, 286 pp.
- Cardona, O.D., 2011:** Disaster Risk and Vulnerability: Notions and Measurement of Human and Environmental Insecurity. En: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* [Brauch, H.G., U. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay y J. Birkmann (eds.)]. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag.
- Cardona, O.D., 2012:** Un marco conceptual común para la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático: encuentros y desencuentros de una iniciativa insoslayable. En: *Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica* [Briones, F. (ed.)]. Número especial de Desastres y Sociedad en el marco del XX Aniversario de La RED. La Red – CIGIR, Mérida, Venezuela, 281 pp.
- Cardona, O.D., 2013:** *Piloto de asistencia técnica para incorporar la gestión integral de riesgos hidrolimnológicos en el ordenamiento territorial municipal: Parte I - Incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial instructivo para el nivel municipal. Parte II - Evaluación de la amenaza frente a deslizamientos en diferentes niveles territoriales. Parte III - Evaluación de la amenaza por inundaciones con diferentes niveles de complejidad*. Plan regional integral de cambio climático región capital, Bogotá – Cundinamarca, PRICCPNUD, 187 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper_03_Riesgo+y+ordenamiento+territorial+municipal.pdf/996c18fd-b67f-4435-9697-4ea1822bd30a?version=1.0
- Cardona, O.D., 2019:** Gestión del riesgo y adaptación en Manizales: Una estrategia de desarrollo para lograr que una ciudad en transición sea resiliente, sostenible y competitiva. *Medio Ambiente y Urbanización: La Ciudad Latinoamericana*. Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo IIED, América Latina, 90-91 Especial, 127-168, Argentina. Sitio web consultado el 4 de julio de 2019, <https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2019/00000090/00000001/art00009>
- Cardona, O.D., J.E. Hurtado, G. Duque, A. Moreno, A.C. Chardon, L.S. Velásquez y S.D. Prieto, 2005:** *System of Indicators for Disaster Risk Management*. Program for Latin America and the Caribbean: Main Technical Report. IDB/IDEA Program on Indicators for Disaster Risk Management, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018 en inglés y español, <http://idea.bid.manizales.unal.edu.co/documentos/Main%20technical%20report%20IDEA.pdf>; <http://idea.bid.manizales.unal.edu.co/documentos/InformeTecnicoPrincipaIIDEA.pdf>
- Cardona, O.D., J.C. Bertoni, T. Gibbs, M. Hermelin y A. Lavell, 2010:** *Understanding and Managing Risk Associated with Natural Hazards: An Integrated Scientific Approach in Latin America and the Caribbean. Science for a Better Life: Developing Regional Scientific Programs in Priority Areas for Latin America and the Caribbean. Vol. 2. ICSULAC/CONACYT, Rio de Janeiro and Mexico City, 88 pp.*
- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper y B.T. Sinh, 2012:** Determinants of risk: exposure and vulnerability. En: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi,

- M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA, pp. 65-108.
- Cardona, O.D., M.G. Ordaz, E. Reinoso, L.E. Yamín y A.H. Barbat, 2012:** CAPRA - Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment: International Initiative for Risk Management Effectiveness. En: *Proceedings of 15WCEE*, Lisbon.
- Cardona, O.D. y M.L. Carreño, 2013:** System of indicators of disaster risk and risk management for the Americas: Recent updating and application of the IDB-IDEA. En: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies* [Birkmann, J. (ed.)], 2.ª edición. United Nations University Press, Tokyo.
- Cardona, O.D., G.A. Bernal, M.G. Mora, J.P. Londoño, M.C. Marulanda y D. Gonzalez, 2016:** Probabilistic hazard and risk assessment for urban planning, financial protection and building retrofitting: The case of Manizales. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks*. ICUR2016, Lisbon.
- Cardona, O.D., M.L. Carreño, M.C. Marulanda, A.H. Barbat, S. Saito y P. Marulanda, 2017a:** Evaluación del índice de gestión del riesgo de Brasil y resultados comparativos para los países de América Latina y el Caribe. En: *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action* [Marchezini, V., Wisner, B., Saito, S., y L. Londe, (eds.)], pp. 165-196. Editora RiMA, São Paulo. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://bit.ly/2Dy5dYA>
- Cardona, O.D., M.L. Carreño, M.C. Marulanda, A.H. Barbat y P. Marulanda, 2017b:** Evaluación del índice de vulnerabilidad prevalente de Brasil y resultados comparativos para los países de América Latina y el Caribe. En: *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action* [Marchezini, V., B. Wisner, S. Saito y L. Londe, (eds.)], pp. 411-427. Editora RiMA, São Carlos. Consultado 12 de febrero de 2018, <http://bit.ly/2Dy5dYA>
- Carrara, A., M. Cardinali, F. Guzzetti y P. Reichenbach, 1995:** GIS-based Techniques for Mapping Landslide Hazard. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, 38. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Carreño, M.L., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2004:** *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo*. Monografía CIMNE IS-51. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Carreño, M.L., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2007:** A disaster risk management performance index. *Natural Hazards*, 41(1), 1-20. Consultado 12 de febrero de 2018, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-006-9008-y>
- Carreño, M.L., O.D. Cardona, A.H. Barbat, D.C. Suárez, M.P. Perez y L. Narváez, 2017:** Holistic Disaster Risk Evaluation for the Urban Risk Management Plan of Manizales, Colombia. *International Journal for Disaster Risk Science*, 8(3), 258-269. Consultado 12 de febrero de 2018, <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0136-7>
- Carreño, M.L., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2016:** The holistic evaluation of the seismic risk for Manizales, Colombia. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks*. ICUR2016, Lisbon.
- Carrizosa, M., 2018:** Manizales, Colombia, Cultura del Riesgo con «Alma Técnica». En: *Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina* [Cohen M., M. Gutman y M. Carrizosa (eds.)]. Corporación Andina de Fomento. Consultado el 12 junio de 2019, <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1416>
- Cemaden, 2018 (en revisión):** *Manual para Elaboración, Transmisión y Uso de Alertas de Riesgo de Movimientos de Masa*. MCTIC -Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicación, Brasilia, Brasil.
- CENAPRED, 2004:** *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. Secretaría de Gobernación, México.
- CENAPRED, 2017:** *Reporte de Comisión, Proyecto PAT 10704: Comparación de métodos cualitativos y cuantitativos en la determinación de la estabilidad de la ladera adyacente a la comunidad de La Pintada*. Municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.
- Cervi, F., M. Berti, L. Borgatti, F. Ronchetti, F. Manenti y A. Corsini, 2010:** Comparing predictive capability of statistical and deterministic methods for landslide susceptibility mapping: a case study in the northern Apennines (Reggio Emilia Province, Italy). *Landslides*, 7, 433-444.
- Chardon, A.C., 2002:** *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales: El ejemplo andino de Manizales, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, 174 pp.
- CONEVAL, 2013:** *Informe de pobreza en México, 2012*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social – CONEVAL, México DF.
- Congreso de la República de Colombia, 2018:** Ley 1931 del 27 de julio de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. Bogotá DC.
- Copons, R., J.M. Vilaplana, J. Corominas, J. Altimir y J. Amigó, 2004:** Riskfall risk management in high-density urban areas. The Andorran experience. En: *Landslide Hazard and Risk* [Glade, T., M. Anderson y M. Crozier (eds.)]. John Wiley & Sons, Ltd.
- Copons, R. 2010:** *El risc d'esllavissades a Catalunya*. RISKCAT, 35 pp.
- Corominas, J., R. Copons, J.M. Vilaplana, J. Altimir y J. Amigó, 2003:** Integrated landslide susceptibility analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards*, 30, 421-435.
- Corominas, J. y O. Mavrouli, 2010:** *Overview of landslide hazards and risk assessment practices. Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies*. Safeland FP7, 138 pp.
- Corpocaldas, 1998:** *Manual para el control de la erosión*. Corpocaldas – INVIAS, 250 pp.
- Corpocaldas, 2015:** *Construcción obras de reducción del riesgo: Municipio de Manizales (año 2011)*. Conjunto de diapositivas. Corporación Autónoma Regional de Caldas, Manizales, Colombia. Consultado el 12 de febrero de 2018, <https://es.slideshare.net/ConcejoManizales2015/presentacin-corpocaldas-informe-gestin-de-obras-concepto-sobretasa-ambiental>
- Corporación OSSO, 2013:** *Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe, 1990-2013*. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/48578_impactodesastresamericalatinacaribe.pdf
- Correa, O., F. García, G. Bernal, O.D. Cardona y Rodríguez, C., 2019:** Early warning system for rainfall-triggered landslides based on real-time probabilistic hazard assessment. *Natural Hazards*, Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03815-w>
- CPRM, 2018 (en revisión):** *Manual de Mapeo de Amenazas y Riesgo de Movimientos Gravitacionales de Masa*. Servicio Geológico de Brasil, Brasilia, Brasil.
- CRED; UNISDR, 2018:** *Economic losses, poverty & disasters: 1998-2017*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018. <https://www.preventionweb.net/publications/view/61119>
- Crozier, M.J. y T. Glade, 2004:** Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach. En: *Landslide Hazard and Risk* [Glade, T., M. Anderson y M.J. Crozier (eds.)]. Wiley, pp 2-40.

- D'Ercole, R.** y M. Trujillo, 2003: *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: Los desastres un reto para el desarrollo*. COOPI, IRD, Oxfam, 167 pp.
- Defensa Civil de Río de Janeiro**, 2011: *Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas Fortes: Capacitação de Lideranças Comunitárias*. Río de Janeiro. Consultado el 20 de diciembre de 2017, <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6061719/4159505/CARTILHAA2C204.01.11.pdf>
- Delgado, G.C.**, A. De Luca y V. Vázquez, 2015: *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México*. Colección el Mundo Actual, UNAM, 278 pp.
- Desinventar**, 2019: *Sistema de inventario de efectos de desastres*. La RED, Corporación OSSO, UNDRR. Consultado el 3 de julio de 2019, <https://www.desinventar.org/>
- Dourado, F.**, T.C. Arraes y M. D. Fernandes, 2012: O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências*, 35 (2), 43-54.
- EM-DAT**, 2018: *The International Disaster Database*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, www.emdat.be
- França, S.**, 2010: *Estudio comparativo de métodos para la evaluación de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales: Aplicación al Pirineo Oriental*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Freitas, C.M.**, M.L. Carvalho, E.F. Ximenes, E.F. Arraes y J.O.F. Gomes, 2012: Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17: 1577-1586.
- Freitas, L.E.** y A.L. Coelho Netto, 2016: Reger Córrego Dantas: uma ação coletiva para enfrentamento de ameaças naturais e redução de desastres socioambientais. *Ciência & Trópico*, 40(1): 165-190.
- Froude, M.J.** y D.N. Petley, 2018: Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2161-2181, <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018>
- Grases, J.P.**, J.I. Amundaray, A. Malaver, P. Feliziani, L. Francheschi y J.C. Rodríguez, 2000: *Efectos de las lluvias caídas en Venezuela: en diciembre de 1999*. PNUD, CAF, Caracas, Venezuela, 224 pp.
- Guerra, A.J.T.**, L.F.H. Gonçalves y P.B.M. Lopes, 2007: Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 8(1): 35-43.
- Guzzetti, F.**, 2006: *Landslide Hazard and Risk Assessment*. Ph.D. Thesis, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität University of Bonn, Germany, 389 pp.
- Guzzetti, F.**, A. Modini, M. Cardinali, F. Fiorucci, M. Santangelo y K.T. Chang, 2012: Landslide inventory maps: new tools for an old problem. *Earth Sci Rev*, 112, 42-66.
- Hidalgo Nunes, L.**, 2015: *Urbanização e desastres naturais – Abrangência América do Sur*. Instituto de Geociencias de la Universidad de Campinas.
- Hungr, O.**, S. Leroueil y L. Picarelli, 2014: The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11, 2, 167-194.
- IDEAM**, 2016: Tercera comunicación nacional de cambio climático. Instituto de Estudios Ambientales, Colombia, PNUD. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://www.cambioclimatico.gov.co/resultados>
- INAFED**, 2010: *Enciclopedia de los Municipios de México*. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de Gobernación, SEGOB. Consultado 12 de febrero de 2018, <http://www.inafed.gov.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/>
- INEGI**, 2010: Censo de Población y Vivienda 2010, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change), 2014: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland, 151 pp.
- JICA**, 2018: *Making a Fresh Start toward a Safer Society*. Japan International Cooperation Agency, 10 (1), 4-7.
- Jimenez, V.**, 2010: Lecciones de la reconstrucción del estado Vargas posterior al desastre de 1999. En: *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos* [López, J.L. (ed.)]. Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 543-554.
- Khazai, B.**, F. Bendimerad, O.D. Cardona, M.L. Carreño, A.H. Barbat y C.G. Burton, 2015: *A Guide to Measuring Urban Risk Resilience: Principles, Tools and Practice of Urban Indicators*. KIT, EMI, CAPRA, CIMNE, GEM, Manila, The Philippines. Consultado 12 de febrero de 2018, <http://emi-megacities.org/?emi-publication=a-guide-to-measuring-urban-risk-resilience-principles-tools-and-practice-of-urbanindicators>
- Lavell, A.**, 1996: Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Problemas y Conceptos. En: *Ciudades en Riesgo* [Fernández, M.A. (ed.)]. La RED, USAID. Lima, Perú.
- Lavell, A.** 2005: *La gestión local del riesgo: concepto y prácticas*. CEPREDENAC, PNUD, 101 pp.
- Lavell, A.** y A. Brenes (comp.), 2008: *ENOS Variabilidad Climática y el Riesgo de Desastres en las Américas: Proceso, Patrones, Gestión*. Oxfam, La RED, FLACSO, IAI. San José, Costa Rica, 370 pp.
- Lavell, A.**, E. Mansilla, A. Chavez, O.D. Cardona y M.P Pérez, 2015: Latin America Reports. En: *Reducing relocation risk in urban areas*. The Bartlett Development Planning Unit, DPU-UCL, FLACSO. Consultado 12 de febrero de 2018, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/development/reducing-relocation-risk-urban-areas>
- Londoño, J.P.**, 2016: *Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos: Deslizamientos de tierra en ciudades andinas*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://www.tdx.cat/handle/10803/398245>
- López, J.L.** y R. García (eds.), 2006: *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 1055 pp.
- López, J.L.** (ed.) 2010: *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos*. Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 808 pp.
- Marulanda, M.C.** y O.D. Cardona, 2006: *Análisis del impacto de desastres menores y moderados a nivel local en Colombia*. Provention Consortium. Universidad Nacional de Colombia, La RED. DOI: 10.13140/RG.2.2.25305.77926
- Marulanda, M.C.**, O.D. Cardona, M.G. Ordaz y A.H. Barbat, 2008: *La gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres: Evaluación de la exposición fiscal de los Estados y alternativas de instrumentos financieros de retención y transferencia del riesgo*. Monografía CIMNE IS-61, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

- Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2009:** Robustness of the holistic seismic risk evaluation in urban centers using the USRI. *Natural Hazards*, 49, 501-516. Consultado el 12 de febrero de 2018, <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9301-z>
- Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2010:** Revealing the socio-economic impact of small disasters in Colombia using DesInventar database. *Disasters*, 34(2), 552-570.
- Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2011:** Revealing the Impact of Small Disasters to the Economic and Social Development. En: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* [Brauch, H.G., U. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay y J. Birkmann (eds.)]. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Berlin - Heidelberg - New York: Springer-Verlag.
- Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y A.H. Barbat, 2014:** Design and implementation of a voluntary collective earthquake insurance policy to cover low-income homeowners in a developing country. *Natural Hazards*, 74, 2071-2088. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-014-1291-4>
- Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y D. Gonzalez, 2015:** Aseguramiento colectivo voluntario en Manzales: Evaluación del riesgo sísmico con fines de transferencia. En: *Memorias del 7.º Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, AIS. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y D. Gonzalez, 2016:** Seismic risk assessment for risk transfer: The voluntary collective insurance in Manzales, Colombia. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks*. ICUR2016, Lisbon.
- MCid, 2018:** (en revisión). *Manual técnico de reducción de riesgos de desastres aplicados para planificación urbana*. MCid – Ministerio de las Ciudades, Brasilia, Brasil.
- Melo, P. d. O., R.M. de Britto, T.C. Fontainha, A. Leiras, y R.A. Mello Bandeira, 2017:** Evaluation of community leaders' perception regarding Alerta Rio, the warning system for landslides caused by heavy rains in Rio de Janeiro. *Natural Hazards*, 89(3): 1343-1368.
- Mendes, K.C., 2014:** *La reducción del riesgo de desastres en la planificación urbana: Caso de estudio - La parroquia Caraballeda en el estado Vargas, Venezuela*. Tesis de maestría, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Metternich, G., L. Hurni y R. Gogu, 2005:** Remote Sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment*, 98 (2-3), 284-303.
- Mora Castro, S., 2018:** *Los procesos y amenazas de la geodinámica externa en regiones tropicales y subtropicales expuestas a la sismicidad el volcanismo y las lluvias intensas*. Laboratorio de Ecología Urbana, Universidad Estatal de Distancia, Costa Rica.
- Naranjo, K., E.V. Aristizabal y J.A. Morales, 2019:** Influencia del ENSO en la variabilidad espacial y temporal de la ocurrencia de movimientos en masa desencadenados por lluvias en la región Andina colombiana. *Ingeniería y Ciencia*, 15, 29, 11-42. Consultado el 13 de junio de 2019, DOI: 10.17230/ingciencia.15.29.1
- Narváez, L. 2015:** *Recomendaciones para orientar la formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Manzales*. Programa de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manzales, Universidad Nacional de Colombia, Corpocaldas.
- Narváez, L., A. Lavell y G.P. Ortega, 2009:** *La Gestión del Riesgo de Desastres: Un Enfoque Basado en Procesos*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima, Perú.
- Neheren, U., K. Sudmeier-Rieux, S. Sandholz, M. Estrella, M. Lomarda y T. Guillén, 2014:** *The ecosystem-based disaster risk reduction case study and exercise source book*. CNRD/PEDRR, 98 pp.
- NOTIMEX, 2014:** *La Pintada cumple la instrucción presidencial de ser mejor: Sedatu*, 26 de mayo de 2014. Consultado el 3 de julio de 2019, <http://www.cronica.com.mx/notas/2014/835631.html>
- Olson, G., 2013:** Peña: Comienza la reconstrucción. *Excelsior*, 22 de septiembre de 2013. Consultado el 3 de julio de 2019, <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/22/919734>
- Pivetta, M., 2016:** Cincuenta años de calamidades en América del Sur. *Pesquisa FAPESP*. Disponible en: <https://revistapesquisa.fapesp.br/50-anos-de-calamidades-na-america-do-sul/>
- Pérez, M.P., 2007:** *El impacto de las acciones de mitigación sobre los deslizamientos: El costo-beneficio de invertir en reducción como mejor opción*. Tesis de maestría, Universidad del Valle and Tulane University, Cali, Colombia.
- PNUD, 2005:** *Guardianas de la Ladera: Una estrategia preventiva y de generación de ingresos a grupos vulnerables desde la Alcaldía de Manzales. Colombia Experiencia 6*. Lecciones aprendidas y sistematización de buenas prácticas. PNU-La RED, ECHO. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc301/doc301_1.pdf
- PNUD, 2007:** *Capitales Andinas 2007: catálogo de instrumentos de gestión municipal para la reducción de riesgos y preparativos ante emergencias*. Proyecto regional de reducción de riesgos en capitales andinas, Bogotá, Caracas, La Paz, Lima, Quito. PNUD. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1269/doc1269.htm>
- PREDECAN, 2009a:** *Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres. 20 experiencias*. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), Lima, Perú, 22 fascículos. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.desenredando.org/public/varios/2009/2009_PREDECAN_Lavell_Gestion%20Local%20del%20Riesgo.pdf
- PREDECAN, 2009b:** *La gestión local del riesgo en una ciudad andina: Manzales, un caso integral, ilustrativo y evaluado*. Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres, Colombia 2. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), Lima, Perú, 40 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://idea.manzales.unal.edu.co/publicaciones/reportes_meteorologicos/red_manzales/documentos_y_publicaciones/otras_publicaciones/publicacion1.pdf
- PROCUENCA, 2019:** *Proyecto de forestal para la cuenca del río Chinchiná*. Página web editada por última vez el 20 de septiembre de 2019, <https://es.wikipedia.org/wiki/PROCUENCA>
- Remondo, J., J. Bonachea y A. Cendrero, 2005:** A statistical approach to landslide risk modeling at basin scale: From landslide susceptibility to quantitative risk assessment. *Landslides*, 2, 321-328.
- RNI, 2017:** Risk Nexus Initiative. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://ihs.co.in/rni/the-initiative/>
- SEDEC, 2018** (en revisión): *Manual para Planes de Contingencia de Riesgos de Movimientos de Masa*. Centro Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres (Cenad), Brasilia, Brasil.
- Selby, M.J., 1993:** *Hillslope materials and processes*, 2.ª edición. Oxford University Press, Oxford.
- SGC, 2016:** *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*. Servicio Geológico Colombiano, 179 pp.

- SGC**, 2017: *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1:25.000*. Servicio Geológico Colombiano, 217 pp.
- Soeters**, R. y C. van Westen, 1996: Slope instability recognition, analysis and zonation. En: *Landslides, investigation and mitigation* [Turner, A.K. y R.L. Schuster (eds.)]. Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, USA, pp 129-177.
- Suárez**, J. (2009): *Deslizamientos. Análisis Geotécnico*, vol. 1, 1.ª edición. Universidad Industrial de Santander. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://www.erosion.com.co/libros.html>
- Terzaghi**, K., 1950: Mechanisms of landslides, *Geol. Soc. Am.*, Berkeley Volume, pp. 83-123.
- UNGRD**, 2012: Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Bogotá, Colombia. Consultado el 12 de febrero de 2018, <http://www.ifrc.org/docs/idrl/1057ES.pdf>
- UNDRR**, 2019: *Disasters statistics*. Sitio web consultado del 3 de julio de 2019, <https://www.preventionweb.net/collections/disasterstatistics>
- UNISDR**, 2009: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2009)*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/9413>
- UNISDR**, 2011: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2011)*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/19846>
- UNISDR**, 2013: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2013)*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2013>
- UNISDR**, 2015: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2015)*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/42809>
- UNISDR**, 2017a: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, GAR ATLAS 2017*. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, <https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/atlas/>
- UNISDR**, 2017b: *2017 UN Sasakawa Award for Disaster Risk Reduction Jury Report*. Consultado 12 de febrero de 2018, http://www.unisdr.org/files/53433_juryreport19may2017.pdf
- Van Westen**, C.J., 2000: The modelling of landslide hazards using GIS. *Surveys in Geophysics*, 21, 241-255.
- Vargas**, R.A. y R. Sáenz, 2015: *Guía de integración de la gestión del riesgo de desastres y el ordenamiento territorial municipal*. UNGRD. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20746/Guia_Integracion_GRD_OT.pdf?sequence=14&isAllowed=y
- Viand**, J. y F. Briones (comp.) 2015: *Riesgos al sur: Diversidad de riesgos de desastres en Argentina*. La RED, 318 pp.
- Vilaplana**, J.M. y B. Payas, 2008: *Els riscos naturals a Catalunya*. RISCAT, Generalitat de Catalunya, 75 pp.
- Wilches-Chaux**, G., 2007: *¿Qu-ENOS pasa? Guía de La RED para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS*. La RED, Oxfam, IAI, 144 pp.
- Wilches-Chaux**, G., 2008: *La gestión del riesgo de desastres hoy: Contextos globales, herramientas locales*. Naciones Unidas, EIRD, IDRC, 214 pp.
- Wisner**, B., P. Blaikie, T. Cannon e I. Davis, 2004: *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Routledge, London, New York, 471 pp.
- Wymann von Dach**, S., F. Bachmann, I. Alcántara-Ayala, S. Fuchs, M. Keiler, A. Mishra y E. Sötz (eds.), 2017a: *Vida y medios de subsistencia más seguros en las montañas: Cómo lograr que el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres trabaje para el desarrollo sostenible de las regiones de montaña*. Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente (CDE), Universidad de Berna, Bern Open Publishing (BOP), Berna, Suiza, 78 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://boris.unibe.ch/99068/13/24NOV_Vidas_y_medias_de_subsistencia_m%C3%A1s_seguros_en_las_monta%C3%B1as.pdf
- Wymann von Dach**, S., F. Bachmann, I. Alcántara-Ayala, S. Fuchs, M. Keiler, A. Mishra y E. Sötz (eds.), 2017b: *Safer lives and livelihoods in mountains: Making the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction work for sustainable mountain development*. Bern, Switzerland, Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, with Bern Open Publishing (BOP), 78 pp., DOI: 10.7892/boris.99068
- Ximenes**, E.F., R. Montezuma y A.M. Sato, 2017: *Gestão participativa de riscos de desastres: o sistema de alerta e alarme de base comunitária do Cardinót, Nova Friburgo, RJ. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 1, 3904-3916.