

Gestión de riesgos en Quito

Balance y perspectivas de treinta años de estudios

Coordinadores:

Andrea Carrión

Julien Rebotier

Pascale Metzger

Fernando Puente-Sotomayor

© 2024 FLACSO Ecuador
Edición para PDF
Agosto de 2024

Cuidado de la edición: Editorial FLACSO Ecuador

ISBN: 978-9978-67-690-5 (pdf)
<https://doi.org/10.46546/2024-58lineabierta>

FLACSO Ecuador
La Pradera E7-174 y Diego de Almagro, Quito-Ecuador
Telf.: (593-2) 294 6800
www.flacso.edu.ec

Instituto francés de Investigación para el Desarrollo (IRD)
44. bd Dunkerque CS 90009
13572 Marsella-Francia
Telf.: (33) 4 91 99 92 00
www.ird.fr

Gestión de riesgos en Quito. Balance y perspectivas de treinta años de estudios / coordinado por Andrea Carrión, Julien Rebotier, Pascale Metzger y Fernando Puente-Sotomayor.- Quito, Ecuador ; Marsella, Francia : FLACSO Ecuador : Instituto para la Investigación y el Desarrollo, 2024

viii, 225 páginas : ilustraciones, figuras, mapas, tablas.- (Serie LINEABIERTA)

Incluye bibliografía

ISBN: 9789978676905 (pdf)
<https://doi.org/10.46546/2024-58lineabierta>

PROBLEMAS AMBIENTALES ; GESTIÓN DE RIESGO ; GESTIÓN URBANA ; VULNERABILIDAD ; GEOLOGÍA ; PLANIFICACIÓN URBANA ; ZONA URBANA ; DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO ; ECUADOR
I. CARRIÓN, ANDREA, COORDINADORA II. REBOTIER, JULIEN, COORDINADOR III. METZGER, PASCALE, COORDINADORA IV. PUENTE-SOTOMAYOR, FERNANDO, COORDINADOR

363.7 - CDD

Editorial  FLACSO
Ecuador

 Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE
Instituto francés de Investigación para el Desarrollo

Este libro ha sido publicado gracias al apoyo del
Instituto francés de Investigación para el Desarrollo (IRD).

Índice de contenidos

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos.....	VII
--	-----

Introducción

Horizontes en la investigación y gestión de riesgos en Quito	1
Andrea Carrión y Julien Rebotier	

PARTE I

Capítulo 1. La vulnerabilidad en el Distrito Metropolitano de Quito: una retrospectiva de 20 años	20
<i>Jairo Estacio y Pascale Metzger</i>	

Capítulo 2. Los estudios de peligros geológicos en Quito desde la década de los ochenta	41
<i>S. Daniel Andrade, Eliana Jiménez Álvaro, Pablo Samaniego, Daniel Pacheco y Alexandra Alvarado</i>	

Capítulo 3. Las amenazas hidrometeorológicas en Quito	70
<i>Othon Zevallos Moreno</i>	

PARTE II

Capítulo 4. La planificación del desarrollo local y territorial del Distrito Metropolitano de Quito desde la perspectiva de la gestión de riesgos	93
<i>Diana Andrea Salazar Valenzuela, Carlos Santiago Robles Romero y Esthela Elizabeth Salazar Proaño</i>	

Capítulo 5. La gestión de información para la gestión de riesgos: la experiencia de Quito (1993-2023)	113
<i>Fernando Puente-Sotomayor, Marcelo Yáñez, Diego Jurado y Jorge Ordóñez</i>	

Capítulo 6. La perspectiva cultural en el estudio de los riesgos en Quito. Reflexiones desde la historia y la antropología	132
<i>Elisa Sevilla y Alfredo Santillán</i>	

PARTE III

Capítulo 7. Comuna Santa Clara de San Millán: gestión territorial y resiliencia comunitaria	154
<i>Fernando Barragán Ochoa, Víctor Jácome Calvache y Gualdemar Jiménez</i>	
Capítulo 8. Solanda: subsidencia del suelo en la zona de influencia del Metro de Quito	169
<i>Ramses Morante I., Luis Pilatasig M. y Fernando Puente-Sotomayor</i>	
Capítulo 9. Valle de Los Chillos: estudios de peligro por lahares primarios ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi	183
<i>S. Daniel Andrade y Francisco J. Vasconez</i>	
Capítulo 10. Infraestructura Verde-Azul: un sistema anticipatorio de resiliencia y sostenibilidad en el Distrito Metropolitano de Quito	193
<i>Marco Córdova, Jonathan Menoscal y Pablo Zapata</i>	
Conclusiones	204
Epílogo	
La investigación francesa en cooperación sobre vulnerabilidad: cómo Quito marcó una diferencia (1980-2010)	214
Sobre las coordinadoras y los coordinadores	216
Sobre las y los autores	218

Ilustraciones

Figuras

Figura I. 1. Distribución temporal de publicaciones.....	5
Figura I. 2. Distribución temporal de publicaciones sin tesis de pregrado.....	6
Figura I. 3. Red de coautores de artículos científicos (1988-2023)	11
Figura 1.1. Proceso de abordaje de vulnerabilidad y riesgo	35
Figura 3.1. Eventos de desastre de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)	73
Figura 3.2. Tipología de desastres de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)	73
Figura 3.3. Distribución mensual de eventos de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)	74
Figura 3.4. Distribución mensual de precipitación multianual (mm) en Estación Quito-INAMHI.	74
Figura 3.5. Ubicación y ejemplos de obras construidas en el programa Laderas del Pichincha.....	76
Figura 3.6. Áreas de intervención de programas Laderas del Pichincha, PSA I y PSA II	77
Figura 3.7. Fotografías del aluvión de La Gasca	86
Figura 3.8. Fotografías en el sitio de la toma de captación del colector y embalse	87
Figura 4.1. Estudios relevantes para la planificación territorial en el DMQ.....	95
Figura 5.1. Estructura relacional de la base de datos del SUIM.....	117
Figura 5.2. Ejemplo de digitalización de hojas catastrales. Base de lotes usada en el PUOS 2008	118
Figura 5.3. Sistema metodológico conceptual para el desarrollo de la información de la gestión de riesgos en el DMQ	122
Figura 6.1. <i>Procesión durante la sequía de 1621</i> , de Miguel de Santiago	136
Figura 6.2. <i>Nuestra Señora de las Mercedes, patrona de Quito</i>	138
Figura 6.3. <i>Vista del interior del cráter del Pichincha</i>	141
Figura 8.1. Crecimiento vertical de una manzana de Solanda	171
Figura 8.2. Daños en viviendas de Solanda.....	172

Figura 8.3. Vista aérea del pozo y salida de emergencia del Metro en el parque del Sector 4 de Solanda	174
Figura 8.4. Sucesión litológica de la subcuenca Sur	178

Mapas

Mapa 2.1. Marco geodinámico simplificado del Ecuador.....	42
Mapa 2.2. Zona de Quito: relieve, fallas y volcanes	43
Mapa 2.3. Peligro sísmico del Ecuador.....	46
Mapa 2.4. Movimientos en masa ocurridos en el DMQ.....	54
Mapa 8.1. Imagen parcial de Quito y drenaje en Solanda.....	175
Mapa 8.2. Imagen parcial de mapa neotectónico de la región de Quito	176
Mapa 9.1. Extractos de mapas de peligros del volcán Cotopaxi	185
Mapa 9.2. Zonaciones de la profundidad de un lahar primario en el Valle de Los Chillos	187
Mapa 10.1. Delimitación de la cuenca del río Monjas.....	196

Tablas

Tabla I.1. Distribución de clases según bloques de texto	7
Tabla I.2. Distribución de clases según período de publicación.....	8
Tabla I.3. Distribución de clases según filiación institucional	9
Tabla I.4. Distribución de clases según tipo de publicación.....	9
Tabla I.5. Criterios para un listado representativo de referencias sobre riesgos y territorio en Quito	13
Tabla I.6. Listado ilustrativo de la diversidad de producciones	14
Tabla 1.1. Estudios de vulnerabilidad.....	25
Tabla 1.2. Documentos, insumos y plataformas de información.....	32
Tabla 2.1. Resumen de los mapas de peligros volcánicos de interés para Quito	49
Tabla 2.2. Metodologías, datos y políticas para la investigación de movimientos en masa en zonas urbanas	55
Tabla 4.1. Enfoque de la planificación territorial del DMQ (1942-2021)	98
Tabla 4.2. Comparación de los instrumentos de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial (2004-2021).....	102
Tabla 4.3. Familias incluidas en el programa de relocalización (2010-2021)	107

Lista de abreviaturas, siglas y acrónimos

BDU	Base de datos urbanos
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CC	Cambio climático
CCPP	Sistema Chingual-Cosanga-Pallatanga-Puná
COE	Centro de Operaciones de Emergencia
COE-M	Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano
DMGR	Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
EMAAP-Q	Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito
EMASEO	Empresa Metropolitana de Aseo
EPMAAP	Empresa Pública Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable
EPMAPS	Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento
EPMMOP	Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ESPE	Universidad de las Fuerzas Armadas
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador
FONAG	Fondo Ambiental para Protección de Agua de Quito
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GI	Gestión de la Información
GIRD	Gestión Integral de Riesgo de Desastres
GRD	Gestión de riesgos de desastres
HM	Hidrometeorológico/a
IAEN	Instituto de Altos Estudios Nacionales
IFEA	Instituto Francés de Estudios Andinos
IGM	Instituto Geográfico Militar
IG-EPN	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
IIGE	Instituto de Investigación Geológico y Energético
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPGH	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
IRD	Institut de Recherche pour le Développement (ex ORSTOM)
IRM	Informe de Regulación Metropolitana
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón

MDMQ	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organización no gubernamental
ORSTOM	Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación
OT	Ordenamiento territorial
PACIVUR	Programa Andino de Capacitación e Investigación sobre Vulnerabilidad y Riesgos Urbanos
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PGDT	Plan General de Desarrollo Territorial
PMDOT	Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PSA	Programa de Saneamiento Ambiental
PUCE	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
PUGS	Plan de Uso y Gestión de Suelo
PUOS	Plan de Uso y Ocupación del Suelo
Q.	Quebrada
RRAAE	Red de Repositorios de Acceso Abierto del Ecuador
SAT	Sistemas de Alerta Temprana
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMGR	Sistema Metropolitano de Gestión de Riesgos
SMI	Sistema Metropolitano de Información
SPI	Índice de precipitación estandarizada
SSG	Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad
SUIM	Sistema Urbano de Información Metropolitana
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UASB	Universidad Andina Simón Bolívar
UCE	Universidad Central del Ecuador
UDLA	Universidad de las Américas
UIDE	Universidad Internacional del Ecuador
UISEK	Universidad Internacional SEK
USFQ	Universidad San Francisco de Quito
UNDRR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
UPS	Universidad Politécnica Salesiana
USAID	U.S. Agency for International Development
UTE	Universidad Técnica Equinoccial
ZR	Zonas de riesgo

Introducción

Horizontes en la investigación y gestión de riesgos en Quito

Andrea Carrión y Julien Rebotier

La gestión de riesgos es un proceso integral, multidisciplinario, multidimensional e intersectorial, que puede ser abordado desde las ciencias naturales, las ciencias sociales, la administración pública, entre otras. Se trata de un campo que agrupa tanto a científicos como a profesionales con miradas y requerimientos distintos respecto de la investigación, el diseño de políticas públicas o la atención a emergencias. Las comunidades académicas, tanto ecuatoriana como extranjeras, han producido conocimientos sobre riesgos urbanos en Quito desde hace varias décadas. Con el tiempo, se han consolidado algunos abordajes disciplinarios o favorecido cierto tipo de eventos y desastres. Entre el comportamiento sísmico y los acontecimientos puntuales, como hundimientos, inundaciones o deslizamientos, se hace concreta la heterogeneidad de los aportes académicos posibles. Si bien el estudio de las amenazas ha sido objeto de mayores esfuerzos recientes, la revisión de la literatura académica permite destacar trabajos importantes sobre vulnerabilidades y territorios urbanos. Sin embargo, un mejor conocimiento de los riesgos urbanos no define por sí solo una solución ni un camino hacia la reducción de riesgos en Quito. Se mantienen vigentes los obstáculos, las trabas y las posibilidades de la gestión, diferenciada tanto en el tiempo como en el espacio.

La necesidad de realizar un balance de 30 años de estudios y gestión de riesgos en Quito es el fruto de las reflexiones al momento de renovar dispositivos de investigación y cooperación franco-ecuatoriana. Luego de varias décadas de producción de conocimiento de diferente índole sobre riesgos en Quito, era de esperar contribuciones más significativas en términos de reducción efectiva de riesgos y mayor prevención. Para muchos, las consecuencias de los resultados de las investigaciones sobre riesgos en el mundo social y en el territorio no están a la altura planteada por el binomio estudios-gestión. De ahí surgió la posibilidad de elaborar una estrategia alternativa de investigación, fundamentada en el reconocimiento de las características contextuales tanto del trabajo de investigación como de las modalidades de la gestión. No se cuestiona lo oportuno de la producción de conocimientos en términos científicos, sino que se ajusta el horizonte de referencia para el trabajo investigativo. ¿Qué es lo que cuenta? ¿Una

publicación en una revista de rango mundial? ¿Una mejor comprensión de los obstáculos concretos para la implementación de medidas de reducción de riesgos? ¿Ambas cosas?

Replantear una estrategia de investigación con base en este tipo de cuestionamientos es el paso inicial en una secuencia reflexiva de la producción de conocimiento sobre la gestión de riesgos en Quito. Para llevar adelante este proceso, se resolvió establecer un balance orientado a los avances –en términos de investigación y gestión– sobre riesgos y territorio en Quito. Este es un primer resultado de una re-consideración ambiciosa de la forma de producir un conocimiento articulado con las modalidades de la gestión y las especificidades territoriales.

Una revisión sistemática de lo existente como primer paso

El esfuerzo de balance y prospectiva se fundamenta en una revisión sistemática de la literatura que permita caracterizar los estudios, investigaciones y publicaciones relacionados con los riesgos en la ciudad de Quito en el período 1990-2022. Se consideraron también algunos trabajos anteriores, de la década de los ochenta, al tratarse de un lapso previo a la consolidación de la acción pública en el territorio de Quito. La Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito fue promulgada en 1993, pero diez años antes, en 1983, se creó el Instituto Geofísico. El análisis es de carácter cuantitativo, estructurado y descriptivo, para evaluar la producción académica en las últimas tres décadas. Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes: 1) generar una base de datos con información disponible en los principales repositorios académicos e institucionales sobre riesgos urbanos en Quito; 2) realizar un análisis de las principales características bibliométricas que permita evidenciar el volumen, la evolución, las temáticas y áreas de estudio de la producción técnico-científica sobre el tema; 3) identificar un corpus de bibliografía clave, para pensar líneas de trabajo futuro, como apoyo al proyecto general de este libro.

Consideraciones y limitaciones metodológicas

El análisis bibliométrico permite identificar los temas dominantes, la distribución disciplinar, la evolución temporal, el número de autores, las instituciones y las redes de colaboración en la producción científica (Andrés 2009). En algunos casos, los estudios bibliométricos incorporan el análisis de referencias y citas, para identificar concurrencias y relaciones en la conformación de comunidades epistémicas. Existen algunas limitaciones de

este método, pues se presume que: 1) el número de publicaciones es proporcional a la actividad investigativa; 2) la frecuencia y número de coautorías es proporcional al grado de colaboración o cohesión de la comunidad académica; 3) la frecuencia de publicación está asociada con la capacidad de presentación de resultados de investigación (Subramanyam 1983).

Si bien estas premisas son relevantes, en ámbitos cuasi profesionales como la gestión de riesgos se debe considerar el posicionamiento institucional, así como las limitaciones en la divulgación de información. A ello se suman limitantes derivadas de los ámbitos de publicación. De una parte, la producción de artículos académicos arbitrados o la revisión de pares ciegos es un fenómeno relativamente reciente en Ecuador. En los años ochenta y noventa, la difusión de conocimiento se realizaba, principalmente, en libros compilados o publicaciones que no necesariamente contaban con registros ISBN o ISSN. De otra parte, las tesis de pregrado y de posgrado rara vez alcanzan visibilidad pública por falta de espacios de divulgación. Finalmente, las consultorías y los estudios técnicos suelen reposar en archivos de acceso restringido o incorporar limitaciones de propiedad intelectual para la difusión de hallazgos. De hecho, el impulso a repositorios universitarios e institucionales de acceso abierto se encuentra en proceso de consolidación, con especial interoperabilidad, agregación y preservación documental tras la creación de la Red de Repositorios de Acceso Abierto del Ecuador (RRAAE) (Bodero et al. 2019). Por tanto, la circulación de ideas y resultados aún se encuentra limitada a entornos especializados. Así se plantea el doble problema de un análisis adecuado del conocimiento disponible (pero no necesariamente apropiado o ampliamente difundido) y de la relación entre conocimiento y gestión. El esfuerzo de revisión sistemática pretende contribuir a lidiar con el primer problema.

Criterios de búsqueda, selección del corpus y clasificación

Los criterios de búsqueda de la bibliografía se restringieron a investigaciones sobre la zona urbana de Quito y su periferia inmediata, e incluyeron las palabras clave vulnerabilidad, amenazas, riesgos y desastres. En la indagación se consideró subcategorías y variaciones semánticas de dichos términos, y una búsqueda en español e inglés. En el proceso de selección se excluyeron resultados relacionados con riesgos no territoriales (p. ej. financieros, laborales, psicosociales, de corrupción), así como procesos que, si bien entran en la construcción de riesgos y vulnerabilidades, no se analizan como tales en la literatura científica con la que se cuenta en Quito (p. ej. pobreza, salud, seguridad ciudadana). Cabe señalar que se realizó una selección acotada de trabajos donde se analiza los fenómenos físicos de los fenómenos naturales o los procesos de desarrollo urbano a nivel metropolitano. O sea, los análi-

sis de fenómenos físicos aparecen en el corpus analizado en la medida en que consideran aspectos territoriales o de gestión. Ello deja de lado buena parte de las numerosas producciones científicas de las geociencias en Quito. Tampoco se tomó en cuenta los trabajos de consultoría, por las razones ya mencionadas y por privilegiar la producción académica de conocimiento.

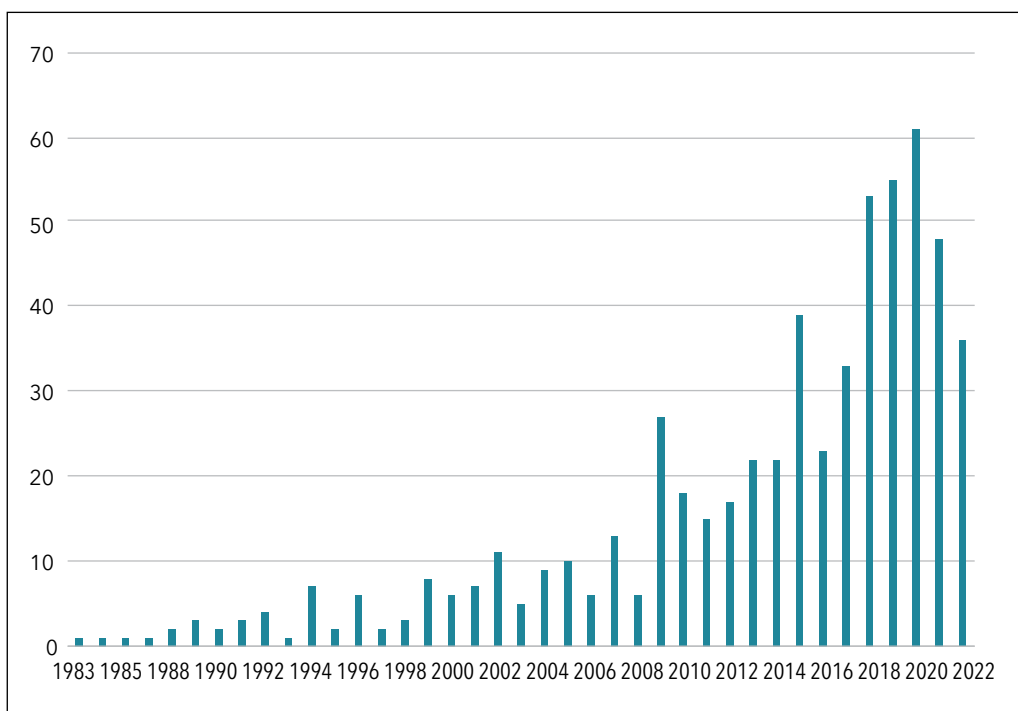
La búsqueda bibliográfica se realizó de manera sistemática y progresiva. En primera instancia, se procedió con las bases de datos que permiten una identificación de revistas indizadas, a través de los repositorios de Scopus, Web of Science, Scielo y Redalyc. Posteriormente, se realizó una indagación en repositorios digitales de las principales universidades con sede en la ciudad de Quito, entre las que se encuentran: Escuela Politécnica Nacional (EPN), Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador (FLACSO), Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN), Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Universidad Andina Simón Bolívar, sede Ecuador (UASB), Universidad Central del Ecuador (UCE), Universidad de las Américas (UDLA), Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), Universidad Internacional SEK (UISEK), Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Universidad Politécnica Salesiana (UPS), Universidad Técnica Equinoccial (UTE). Además, se complementó con la identificación de tesis relevantes a través de la RRAAE. Finalmente, se consultaron los repositorios de las siguientes instituciones: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), Instituto Francés de Estudios Andinos (IFEA), Agence bibliographique de l'enseignement supérieur (SUDOC).

La base de datos resultante de este levantamiento consta de 585 registros con la siguiente tipología de documentos: artículos de revistas académicas, capítulos de libros, libros compilados o coordinados, libros monográficos, informes finales de proyectos de investigación (publicados), informes finales de consultorías (publicados), tesis de posgrado y tesis de pregrado. En la codificación de la bibliografía se priorizó la información contenida en el título y el resumen ejecutivo.

Los repositorios digitales no tienen estructuras estandarizadas que permitan recuperar la bibliografía de manera automatizada. Ello supuso una consolidación de la información disponible mediante el *software* Mendeley, un programa que gestiona bibliografía, para luego realizar una depuración de la base de datos con Excel, a fin de eliminar duplicados y estandarizar la información. Fue necesario traducir los títulos y resúmenes a un solo idioma (español), así como codificar los textos por tipo de documento y palabras clave. Posteriormente, se procedió al análisis de texto con el *software* IRaMuTeQ, con el apoyo de Gaëlle Delétraz, del Laboratorio TRansitions Energétiques et Environnementales (Pau, Francia).

La simple distribución temporal de las referencias bibliográficas da cuenta

Figura I.1. Distribución temporal de publicaciones

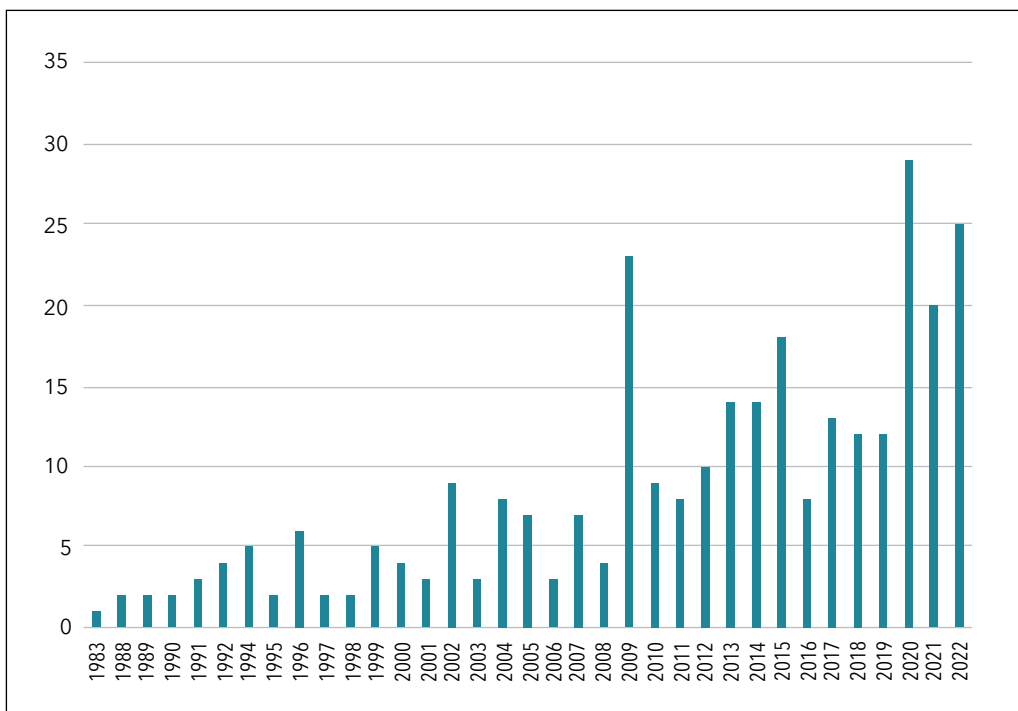


del crecimiento de la producción académica desde comienzos de los años ochenta. Se nota una aceleración a finales de los años 2000 y otra más a finales de los años 2010, contando con una estabilización relativa a inicios de los años 2020.

De las 585 referencias, 296 son tesis de pregrado que se concentran en la parte más reciente del período analizado (figura I.1). Si bien son relevantes para entender los intereses de estudio en un momento, no cuentan entre los trabajos más significativos en términos científicos. Al contemplar la distribución de las 289 referencias restantes, se evidencia una progresión menos pronunciada de los trabajos publicados a lo largo del tiempo mientras se destaca un pico de producción académica en 2009.

La distribución temporal del corpus refleja varias circunstancias que es importante recalcar para dar más sentido a la evolución cronológica (figura I.2). El pico relativo de producción del año 2009 se asocia con la terminación de más de una década de inversión en investigaciones sobre vulnerabilidad y territorio por parte del IRD y el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). La intensificación de la producción en el período más reciente, tanto como la multiplicación de las tesis de pregrado (figura I.1), corresponde a un esfuerzo institucional nacional de gestión de riesgos y formación (creación de carreras universitarias) iniciado en 2008, marcado por la adopción de la Ley Orgánica de Educación Superior (2010). Si bien no se trata de relaciones directas y simples, los contextos permiten anclar la investigación en un uni-

Figura I.2. Distribución temporal de publicaciones sin tesis de pregrado



verso de restricciones y oportunidades que no es ajeno al trabajo académico. Del mismo modo, la ocurrencia de un evento natural notorio o de un desastre (por ejemplo, la erupción volcánica del Pichincha en 1999 o el aluvión de La Gasca de 2022) abren posibilidades de trabajo o señalan temáticas de interés que influyen las comunidades académicas.

Posteriormente, se analizó las 289 referencias académicas del corpus mediante una clasificación ascendente jerárquica basada en los títulos y resúmenes en español (sin incluir las tesis de pregrado). Luego de una lematización de las palabras (determinación de las raíces empleadas sin consideración de sus terminaciones), con el programa informático IramuteQ se realizó una agrupación de las 289 referencias en función de la proximidad estadística de las palabras encontradas en el título y en el resumen de cada una de ellas. El procedimiento automático sugirió cinco clases que permitieron clasificar un 80 % del conjunto de textos. Si bien la definición de cinco clases permite una lectura rápida del corpus, es de considerar la heterogeneidad relativamente alta de los textos clasificados en cada una de ellas (tabla I.1).

Tabla I.1. Distribución de clases según bloques de texto

	Clases					
	Método	Sanitario	Gestión	Vulnerabilidad	Amenaza	No clasificados
Proporción de textos clasificados	18 %	16 %	20 %	28 %	18 %	/
N.º de textos clasificados	40	36	45	65	40	63
Términos más repetidos en las clases	Estadístico	Contaminación	Plan	Social	Volcán	
	Modelo	Aire	Ejecutar	Contexto político	Ceniza	
	Multicriterio	Tráfico	Administración municipal	Actor	Erupción	
	Utilizar	Salud	Prevención	Segregación	Falla	
	SIG	Río	Manejo	Gobierno	Sismicidad	
	Resultado	Agua	Proyecto	Crisis	Peligro	

Nota: sin tesis de pregrado.

Para facilitar la lectura y el análisis, se puso un nombre a cada clase con base en el abanico de palabras más repetidas del conjunto de textos que constituyen la clase. La clase “Gestión” reúne 20 % de los 226 textos clasificados (45 registros) relacionados con los planes, la prevención, la implementación de medidas, la ejecución de proyectos, etc. La clase “Amenaza” contiene 18 % del total (40 registros); en esta clase, encontramos textos que consideran fenómenos físicos y sus consecuencias, pero también aspectos territoriales y sociales (alerta, crisis, prevención, etc.). La clase “Sanitario” incluye 16 % de los textos clasificados (36 registros), en los cuales se consideran más bien temas de salud, de calidad de aire y agua. La clase “Vulnerabilidad” junta 28 % de los textos (65 registros) y abarca tanto temas conceptuales sobre la noción como aspectos más operacionales y de gobernanza. Finalmente, la clase “Método”, 18 % del total, con 40 registros, incorpora los trabajos atentos a la dimensión instrumental, a las mediciones e indicadores, sin importar la disciplina científica.

Un corpus contrastado en el tiempo. ¿El eclipse de la vulnerabilidad?

Cada una de las cinco clases ha sido contrastada con las cuatro variables escogidas para caracterizar el corpus: época de publicación, instituciones que auspician el trabajo, tipo de publicación y número de autores. En la tabla I.2 se presenta el comportamiento de las clases con base en cada variable.

Tabla I.2. Distribución de clases según período de publicación

Período de publicación	Clases				
	Método	Sanitario	Gestión	Vulnerabilidad	Amenaza
< 1985	++				
1985-1989				+	
1990-1994	-			+	
1995-1999	-				
2000-2004	-				
2005-2009	-			++++	--
2010-2014	--	+++			
2015-2019	+++			-	
2020-2022	++	-		-	+++

La tabla I.2 representa los períodos en que los trabajos de las diferentes clases están sub o sobrerrepresentados en relación con una distribución temporal proporcional y homogénea. La sobrerrepresentación (“+”) de una categoría indica que se hizo significativamente más estudios en esta categoría, en el período contemplado. Del conjunto, aparece que la clase “Método” está significativamente sobrerrepresentada entre 2015 y 2019, la clase “Sanitario” lo está entre 2010 y 2014, la clase “Vulnerabilidad” está particularmente sobrerrepresentada entre 2005 y 2009, y la clase “Amenaza”, entre 2020 y 2022. Al revés, la mayor subrepresentación atañe a la clase “Amenaza” para el período 2005-2009, y a la clase “Método” para el período 2010-2014. La distribución temporal de los textos pertenecientes a cada clase no es homogénea.

También observamos que los temas de interés o los abordajes privilegiados no son muchos en un mismo período; son sucesivos más que simultáneos. Siendo limitados los recursos humanos, técnicos y financieros para la investigación, los esfuerzos en una dirección no son necesariamente compatibles con esfuerzos simultáneos en otras direcciones. En ello, las políticas científicas y opciones tomadas cuentan y merecen ser explícitas.

La tabla I.3 representa las instituciones que promueven los trabajos de las diferentes clases. Se hizo una clasificación de las 12 instituciones principales presentes en el corpus, las demás (“Otras”) se agruparon, y también se juntaron los apoyos conjuntos de las cinco instituciones más presentes: UCE, EPN, IRD, PUCE y ESPE. Para marcar en la categoría “Varias” es necesario presentar el apoyo de al menos dos de aquellas cinco instituciones más presentes.

De la marcación general, se nota el peso de la UPS en el apoyo a los trabajos relevantes de la categoría “Método”. De forma consistente, el IAEN aparece en primera línea de los trabajos de “Gestión”, siendo una de las misiones de esa institución pública. También el MDMQ se destaca en el ámbito de la gestión.

Tabla I.3. Distribución de clases según filiación institucional

Instituciones auspiciantes	Clases				
	Método	Sanitario	Gestión	Vulnerabilidad	Amenaza
DMQ			+		
EPN				--	++
ESPE		+		-	
FLACSO					-
IAEN			++		
ORSTOM-IRD	-			+++++	
PUCE-Q					
UCE					
UDLA	+				
UPS	++++				
USFQ					
UTE					
Varias					++
Otras					

Los trabajos de la clase “Amenaza” aparecen principalmente con adscripción a la EPN (en buena parte por el Instituto Geofísico [IG-EPN]) así como por instituciones del grupo “Varias” (entre las cuales destaca el IRD). En paralelo, el IRD (en colaboración con el MDMQ) es la institución que impulsa, permite y mantiene los esfuerzos de investigación en los ámbitos de la vulnerabilidad, territorio y planificación sobre riesgos (aunque en otros momentos que los de los trabajos sobre amenaza [tabla I.2]). Las sensibilidades temáticas de las diferentes instituciones aparecen en el tipo de trabajos apoyados. Es de evidenciar la complementariedad o la competencia que pueden existir entre áreas de trabajo privilegiadas en cada institución, en particular cuando no existe concertación en términos de programación científica.

La tabla I.4 muestra la distribución del tipo de trabajos científicos publicados entre las cinco clases. Aparece que los artículos son significativamente menos usados en la categoría “Gestión”. La producción de conocimiento

Tabla I.4. Distribución de clases según tipo de publicación

Tipo de publicación	Clases				
	Método	Sanitario	Gestión	Vulnerabilidad	Amenaza
Artículos			----		++
Libros					
Capítulos			+		
Conferencias					
Doctorados					
Maestrías			+++	-	--
Informes					

se hace, más bien, mediante la modalidad de maestrías, trabajos de investigación/formación (también consultorías, ausentes en el corpus analizado). El perfil es relativamente inverso para los trabajos de la clase “Amenaza”, que privilegian la forma de artículo científico mucho más que los trabajos de maestría. Si bien dicha distribución puede reflejar perfiles por clase, tres de las cinco clases no presentan ninguna particularidad en relación con el tipo de publicación. Para dichas clases, la producción científica se traduce por una gran diversidad (artículos, libros, conferencias, informes, etc.).

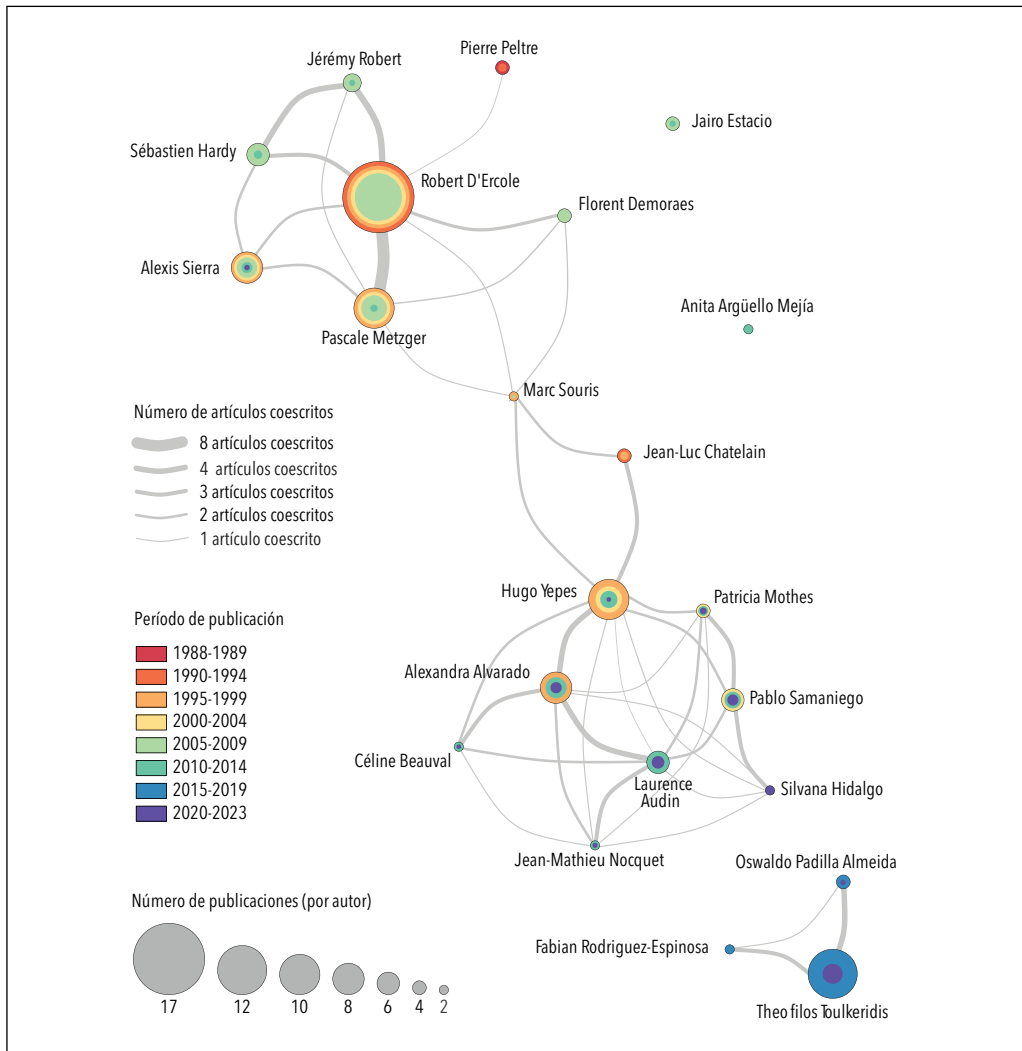
Al igual que para la distribución del tipo de publicación, la cultura científica de los textos se refleja en el comportamiento de la variable “Número de autores”. En la clase “Vulnerabilidad”, se encuentran más trabajos e investigadores de las disciplinas de ciencias sociales, cuyas prácticas de publicación son notoriamente específicas: uno solo o pocos autores, lo que permite identificar a una persona, o grupos pequeños, con ideas, desarrollos de investigación, abordajes particulares, etc. En la clase “Amenaza”, en cambio, son mayoritariamente investigadores de ciencias de la tierra, o de las ciencias llamadas exactas, cuyas prácticas de publicación son diferentes. La regla es la coautoría masiva, mucho más que para los trabajos en cualquier otra clase, mientras los trabajos individuales o en pequeños grupos son significativamente poco numerosos.

Si bien el corpus está basado en los temas de riesgo, territorio y vulnerabilidad, es obvia la diversidad de la comunidad de investigadores que se dedica a su estudio. Más allá de los temas y abordajes privilegiados, son instituciones, culturas científicas y hábitos de investigación diferentes que caracterizan la producción de conocimiento científico a lo largo de más de tres décadas.

Finalmente, se pudo explorar los lazos de coautoría entre los investigadores en 167 artículos científicos del corpus de estudio, publicados entre 1988 y 2023 (figura I.3). Se distinguen tres períodos que parecieran corresponder a momentos de investigación y de organización de la comunidad académica sobre riesgos en Quito.

- Antes del año 2000: cuando se consolidan los colectivos de investigación de la cooperación internacional y la asistencia técnica (franceses, japoneses, estadounidenses) en colaboración con los colegas ecuatorianos. En aquel entonces, Hugo Yepes, que pasó a ser director del IG-EPN en 1997, aparece como una piedra angular en la producción académica sobre riesgos, con enfoque en la amenaza. También se nota un pequeño núcleo del IRD (Pierre Peltre y Robert D’Ercole) que prefigura el protagonismo en las líneas de trabajo en materia de riesgo, vulnerabilidad y territorio en el período siguiente.
- Entre 2000 y 2009: el corpus seleccionado se organiza en torno a Robert D’Ercole y Pascale Metzger, y al tema de la vulnerabilidad. Es el período en

Figura I.3. Red de coautores de artículos científicos (1988-2023)



Nota: representación realizada solamente a partir de los artículos científicos del corpus elaborado para el balance de estudios de riesgo. Datos limpiados y preparados con OpenRefine 3.7.9. y Microsoft Excel 2016. Tratamiento realizado con IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 mediante el análisis de similitudes. Formalización con Inkscape 1.3.2
Realización: Gaëlle Deletraz, Andrea Carrión y Julien Rebotier. Marzo 2024.

que se estructura buena parte de la comunidad sobre riesgos y territorios en Quito, gracias a las iniciativas de investigación sobre la vulnerabilidad del DMQ, y al colectivo de investigación y capacitación del Programa Andino de Capacitación e Investigación sobre Vulnerabilidad y Riesgos Urbanos (PACIVUR). Alrededor de los autores principales gravitan estudiantes o jóvenes colaboradores del Ecuador, pero también de otros países andinos, que fueron tomando espacio en la producción de conocimiento.

- Finalmente, a partir de 2010: cambian tanto los colectivos como los horizontes de investigación sobre riesgos en Quito. Se inicia una etapa de cooperación franco-ecuatoriana centrada en el estudio de los procesos físicos de grandes amenazas. El trabajo en el área de sismología

estructura numerosas coautorías, levemente conexas con otras coautorías organizadas en torno al área de vulcanología. En esas últimas redes encontramos los nombres de los investigadores franceses de la cooperación IRD en relación estrecha con los investigadores ecuatorianos del IG-EPN. A su vez, existen autores que tienen mucha producción, pero con comunidades acotadas, que generan publicaciones, pero sin repercusiones duraderas en términos de coautorías o no estructuran la comunidad académica de manera sistemática. En este período (y como consecuencia de la pandemia global por COVID-19), se notan nuevas alianzas y abordajes emergentes de riesgos y vulnerabilidad, muy anclados en el contexto de aquel entonces.

Este análisis denota más estudios de vulnerabilidad que estudios de amenaza, pero ello no demuestra la producción científica en su conjunto, en tanto que el corpus reduce el número de textos a aquellos directamente vinculados con la gestión del territorio y la construcción social del riesgo. Esta situación plantea el desafío de articular a las comunidades académicas para sostener un diálogo interdisciplinar orientado a la acción, con incidencia en la formulación de políticas públicas para la gestión de riesgos.

Interpretación y recomendaciones de lectura

Obviamente, el corpus seleccionado refleja los puntos de interés que orientaron su construcción. Si bien hay una clase denominada “Amenaza”, es notorio que existen otros trabajos significativos de investigadores de ciencias de la tierra dedicados al estudio de los mecanismos básicos de los sismos o las erupciones volcánicas. El corpus de referencias recoge solo estudios de ciencias de la tierra sobre la amenaza con un enfoque de riesgos, es decir, atentos a dimensiones conexas, como la vulnerabilidad, la prevención, la gestión de riesgos o la difusión del conocimiento en el mundo social. Esa es la razón por la cual las maestrías se encuentran subrepresentadas como tipo de publicación en la categoría “Amenaza” (tabla I.4). Plantear un trabajo de investigación en un horizonte abierto a la interdisciplinariedad, o más transdisciplinario —abierto a actores extra académicos— requiere un esfuerzo adicional de reflexión y de madurez científica.

A lo largo de las décadas, se evidencia cómo se va construyendo la preocupación por la intersección entre riesgo y territorio, con un ápex en la primera década del siglo XXI. Luego, se nota una recomposición de los grandes términos y horizontes de investigación debida a la organización institucional, a las oportunidades de cooperación, a la consolidación de la comunidad ecuatoriana de investigación, a las opciones en términos de política científica, etc.

Los más de 30 años contemplados sugieren cierta consolidación de la comunidad académica ecuatoriana en torno a los riesgos en Quito. En ello, sobresale el rol de la cooperación francesa, pero no se deben descartar las contribuciones de otras cooperaciones e iniciativas estructurantes en la consolidación de la investigación sobre riesgo en otros ámbitos, territorios o escalas. Destaca la cooperación francesa porque, seguramente, es la cooperación binacional que más ha apoyado las iniciativas significativas de investigación orientadas a la planificación y a la prevención de riesgos en la ciudad de Quito.

Finalmente, y a pesar de la dimensión cumulativa de las producciones académicas a lo largo del tiempo, tal como lo refleja la figura de distribución temporal (I.2), no se nota una capitalización progresiva y continua de los trabajos. El contenido de la producción académica, así como la naturaleza de las contribuciones van cambiando. El balance cuantitativo de más de 30 años de estudio dice poco de la evolución de las temáticas, de las orientaciones, de los grupos de investigadores o de las problemáticas que estructuran la comunidad académica. Si bien notamos que puede haber retrocesos para ciertos temas o cambios en la agenda de investigación, los capítulos de este libro se encargan de entrar más a detalle y en matices en dichas evoluciones temáticas y de abordajes.

Para ilustrar la diversidad y la riqueza de los conocimientos producidos, y según el análisis del corpus, se ha armado un pequeño listado de referencias bibliográficas fundamentales que refleja la caracterización de las 289 referencias sobre las variables seleccionadas. Para llegar a 20 textos, se ha retomado la proporción de textos agrupados en cada clase (así como los no clasificados). Entre los textos de cada clase, se ha seleccionado un número y tipos de estudios representativos de la clase considerada. La tabla I.5 es indicativa de la forma en que se escogieron los textos para llegar a una suma de 20, balanceada por el conocimiento directo del corpus.

Tabla I.5. Criterios para un listado representativo de referencias sobre riesgos y territorio en Quito

Criterios de selección	Clases					
	Método	Sanitario	Gestión	Vulnerabilidad	Amenaza	No clasificados
% clasificado	18	16	20	28	18	1/5 del total
N.º ref. (de 20)	3	2-3	3-4	5	3	2-4
Período	< 2000 y ≥ 2010	≥ 2010		2000-2009	≥ 2010	
Instituciones	UPS	ESPE-EPN	IAEN	IRD	EPN-IRD	
Tipo		Master	Master (≠ Art.)	≠ Master	Art. (≠ Master)	

Tabla I.6. Listado ilustrativo de la diversidad de producciones

Clase	Referencias relevantes
Método	Rodríguez Guerra (2015) Salazar Proaño (2020) Álvarez-Mendoza et al. (2020)
Sanitario	Freire López (2014) Khan et al. (2019) Borja-Urbano et al. (2021)
Gestión	Sierra (2009) Maggi Arias (2021) González Zeas et al. (2022)
Vulnerabilidad	Peltre (1989) D’Ercole (1991) D’Ercole y Metzger (2004) Estacio (2009) Cuvi (2022)
Amenaza	D’Ercole y Metzger (2000) Beauval et al. (2014) Frimberger et al. (2021)
No clasificados	Chatelain (1994) D’Ercole y Metzger (2002) Peñaherrera y Salazar (2015)

Este procedimiento nos permitió elaborar un listado de referencias no solamente con base en el número de citas o el éxito de las publicaciones entre las diferentes comunidades académicas, sino también en la trayectoria temática, el ritmo de producción, el conjunto de instituciones que apoyaron los trabajos, los grupos más productivos a lo largo de más de 30 años y el tipo de documentos registrados.

Un balance para un comienzo

El estudio de más de 30 años de producción de conocimiento académico sobre riesgos y territorio en Quito permite tomar distancia y destacar varias características tanto de un campo de investigación como de la estructuración y actualización de una comunidad académica nacional.

Principales enseñanzas

Es de notar, primero, la diversidad de la producción y de la comunidad involucrada, la sensibilidad de los ritmos y trayectorias de estudio a las condiciones contextuales (institucionales, agendas políticas, eventos, estrategias de la cooperación, temáticas de peso e interés, etc.).

Aparece luego que, en presencia de una comunidad nacional e internacional a través de las iniciativas de cooperación, que no son infinitas, los recursos, el tiempo y los fondos que se pueden dedicar a la investigación sobre riesgo tampoco son ilimitados. Y en varias ocasiones sucede que lo que se invierte en una dirección ya no está disponible para explorar otra. De ahí la idea de que existen opciones, no necesariamente explícitas, que intervienen en la orientación del trabajo de la comunidad académica sobre riesgos.

En tercer lugar, pasa lo mismo en cuanto al apoyo y al protagonismo de diferentes instituciones nacionales. Cada una defiende su agenda de trabajo. Si no existe coordinación, pueden entrar en competencia, sus intervenciones se pueden solapar y puede haber una pérdida de capacidad institucional debida a la fragmentación del rol que desempeñan en el apoyo a la investigación.

Finalmente, también surge la diversidad de la comunidad académica nacional sobre riesgos y territorios en Ecuador, así como su dispersión (entre temas, instituciones, grupos, etc.). Si bien existen pasarelas y diálogos, una mayor integración de la comunidad a futuro (que respete la diversidad de los temas, de las culturas y prácticas de investigación) requiere considerar las diferentes características evidenciadas en este balance, que demuestran cierto grado de fragmentación tanto entre los investigadores como del espacio institucional de trabajo, así como un grado importante de fluctuación de las grandes orientaciones de la política científica sobre riesgos. Los principales hitos locales y las tendencias regionales son necesarios para entender la investigación sobre riesgos y territorios en Quito en los últimos 30 años. Es de recalcar el mayor peso de la producción de conocimiento centrado en la comprensión de los mecanismos de la amenaza, dejando poco espacio institucional y de legitimidad a otros tipos de conocimiento sobre riesgos y territorios.

Ese primer panorama permite subrayar dos cosas. Primero, lo dinámico que es el debate sobre la noción de vulnerabilidad. La cronología de la investigación refleja altibajos que requieren una interpretación. Por ejemplo, la década de 2000 está identificada como un momento de actividad intensa en torno a la vulnerabilidad territorial gracias al esfuerzo combinado del IRD y el MDMQ. Otras alianzas definen temas y abordajes de interés en otros momentos, recomponiendo el panorama de la investigación. En segundo lugar, se subraya lo sensible que puede ser el análisis de la producción científica sobre el tema a la definición que se da a la vulnerabilidad. Como herramienta de la reflexión, la vulnerabilidad puede tener contenido múltiple. Las evoluciones evidenciadas sugieren una reconceptualización actual de la cual es objeto la vulnerabilidad (¿una forma de lucha conceptual?) a la luz de nociones parejas como resiliencia o adaptación.

Parte de las preguntas levantadas o de las enseñanzas destacadas por ese primer balance son tratadas o profundizadas en los capítulos siguientes, que le dan carne y cuerpo, detalles y matices. El libro se organiza en tres partes dedicadas 1) a las nociones centrales de los estudios de riesgo bajo el concepto de construcción social, 2) a las modalidades y enfoques de gestión de riesgos, y 3) a estudios de caso representativos de los desafíos e innovaciones de diferentes experiencias a partir de los territorios.

La primera parte consta de tres capítulos y en esta se organiza básicamente una revisión sistemática en torno a los trabajos y reflexiones sobre vulnerabilidad (capítulo 1), a los estudios de peligros geológicos (capítulo 2) y a las amenazas hidrometeorológicas (capítulo 3). La segunda parte inicia con un aporte sobre el cruce entre planificación y gestión de riesgos (capítulo 4), continúa con un trabajo centrado en los desafíos de la información y su manejo para la gestión de riesgos (capítulo 5) y cierra con la consideración de un abordaje alternativo a las lógicas más clásicas de la gestión: la presentación de una perspectiva cultural al riesgo (capítulo 6). Dicho enfoque vale tanto para el estudio de riesgo como para su gestión. La tercera parte presenta casos de estudio que problematizan la gestión de riesgos desde enfoques complementarios: desde la gestión de territorios ancestrales articulados a la ciudad, en la comuna Santa Clara de San Millán, en las laderas del Pichincha (capítulo 7), a los nuevos riesgos por subsidencia de suelos asociados a la modernización de la infraestructura urbana en el sector de Solanda, en el sur de la ciudad (capítulo 8). La importancia del caso del Valle de Los Chillos, bastante investigado desde la década de los noventa por los lahares del Cotopaxi, subraya las dinámicas demográficas y territoriales que trascienden los límites administrativos y plantean desafíos para la gestión local multinivel (capítulo 9). Finalmente, se hace énfasis en las innovaciones legales y de gobernanza que suscita la erosión regresiva del río Monjas, en el norte de Quito, siendo el soporte de una decisión judicial que obliga a los poderes públicos locales a ofertar soluciones concretas, tanto de remediación como de prevención (capítulo 10).

Al término de la trayectoria que ofrece esta publicación es de notar el perímetro de interés cubierto por los temas discutidos (tanto de investigación como de acción) y la diversidad de los autores que contribuyeron (tanto desde la academia como desde los sectores técnicos de la gestión de riesgos en Quito). El libro busca abrir líneas de una estrategia de investigación consistente y a la vez adecuada para aportar efectivamente a la gestión de riesgos en los territorios, en Quito.

- Álvarez-Mendoza, Cesar I., Ana Teodoro, Alberto Freitas y Joao Fonseca. 2020. "Spatial estimation of chronic respiratory diseases based on machine learning procedures—an approach using remote sensing data and environmental variables in Quito, Ecuador". *Applied Geography* 123 (octubre). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102273>
- Andrés, Ana. 2009. *Measuring Academic Research: How to Undertake a Bibliometric Study*. Oxford: Chandos Publishing.
- Beauval, Céline, Hugo Yepes, Laurence Audin, Alexandra Alvarado, Jean Mathieu Nocquet, Damiano Monelli y Laurentiu Danciu. 2014. "Probabilistic seismic-hazard assessment in Quito, estimates and uncertainties". *Seismological Research Letters* 85 (6): 1316-27. <https://doi.org/10.1785/0220140036>
- Bodero, Elba M., Marisa De Giusti, Ciro D. Radicelli y Edison Villacrés. 2019. "Análisis de los repositorios digitales institucionales de Acceso Abierto en el Ecuador". *Revista Espacios* 40 (32): 15.
- Borja-Urbano, Sebastian, Fabián Rodríguez-Espinosa, Marco Luna-Ludeña y Theofilos Toulkeridis. 2021. "Valuing the Impact of Air Pollution in Urban Residence Using Hedonic Pricing and Geospatial Analysis, Evidence from Quito, Ecuador". *Air, Soil and Water Research* 14 (noviembre). <https://doi.org/10.1177/11786221211053277>
- Chatelain, J. L. 1994. "Les scénarios sismiques comme outils d'aide à la décision pour la réduction des risques: projet pilote à Quito, Equateur". *Revue de géographie alpine* 82 (4): 131-50. <https://doi.org/10.3406/RGA.1994.3780>
- Cuvi, Nicolás. 2022. *Historia ambiental y ecología urbana para Quito*. Quito: FLACSO-Ecuador. <https://doi.org/10.46546/2022-28atrio>
- D'Ercole, Robert. 1991. "Vulnérabilité des populations face au risque volcanique: le cas de la région du volcan Cotopaxi (Équateur)". Tesis de doctorado, Universidad Joseph Fourier.
- D'Ercole, Robert, y Pascale Metzger. 2000. "La vulnérabilité de Quito (Equateur) face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise volcanique durable". *Cahiers Savoisiens de Géographie* 39-52. <https://hal.science/hal-01196431/>
- 2002. *Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010032857.pdf
- 2004. *La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, IRD
- Estacio, Jairo. 2009. "Construcción y transformación del riesgo tecnológico: la terminal de combustibles El Beaterio-Quito". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 683-707. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000015>

- Freire López, José Santiago. 2014. *Gestión de riesgos biológicos presentes en las actividades operativas de la unidad de saneamiento centro, en la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*. Quito: EPN.
- Frimberger, Theresa, S. Daniel Andrade, Samuel Weber y Michael Krautblatter. 2021. "Modelling future lahars controlled by different volcanic eruption scenarios at Cotopaxi (Ecuador) calibrated with the massively destructive 1877 lahar". *Earth Surface Processes and Landforms* 46 (3): 680-700. <https://doi.org/10.1002/esp.5056>
- González-Zeas, D., D. Rosero-López, T. Muñoz, R. Osorio, B. De Bièvre y O. Dangles. 2022. "Making thirsty cities sustainable: A nexus approach for water provisioning in Quito, Ecuador". *Journal of Environmental Management* 320 (octubre). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115880>
- Khan, Khalid M., M. Margaret Weigel, Sarah Yonts, Diane Rohlman y Rodrigo Armijos. 2019. "Residential exposure to urban traffic is associated with the poorer neurobehavioral health of Ecuadorian school children". *NeuroToxicology* 73 (julio): 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.018>
- Maggi Arias, Oswaldo Elías. 2021. *Propuesta de un índice de vulnerabilidad ante explosiones en depósitos de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) en parroquias urbanas dentro del distrito metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito: IAEN. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/6059>
- Peltre, Pierre. 1989. *Riesgos naturales en Quito: lahares aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*. Quito: CEN, Colegio de Geógrafos. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/31647.pdf
- Peñaherrera, Ricardo, y Diana Salazar. 2015. *Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura en el Distrito Metropolitano de Quito. Segunda edición*. Editado por Alejandro Terán y Diana Salazar. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. <https://www.quito.gob.ec/index.php/municipio/218-atlas-amenazas-naturales-dmq>
- Rodríguez Guerra, Myrian Andrea. 2015. *Contaminación atmosférica y justicia ambiental de Quito*. Quito: FLACSO.
- Salazar Proaño, Esthela Elizabeth. 2020. *Configuración de la nueva Área Metropolitana de Quito: usos del suelo y escenarios futuros para la planificación*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/50058>
- Sierra, Alexis. 2009. "La política de mitigación de los riesgos en las laderas de Quito: ¿qué vulnerabilidad combatir?". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 737-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000017>
- Subramanyam, Krishnappa. 1983. "Bibliometric studies of research collaboration: A review". *Journal of information Science* 6 (1): 33-38. <https://doi.org/10.1177/016555158300600105>

PARTE I

1 | La vulnerabilidad en el Distrito Metropolitano de Quito: una retrospectiva de 20 años

Jairo Estacio y Pascale Metzger

Si se considera que los riesgos son causados, en primer lugar, por las amenazas naturales, es lógico hacer hincapié en su control y, por lo tanto, considerar el conocimiento de las amenazas como esencial para la formulación de los planes de prevención y de preparación para las situaciones de crisis. La introducción del concepto de vulnerabilidad cuestiona, al menos parcialmente, este punto de vista. En efecto, la vulnerabilidad es un concepto nacido en oposición a la visión tecnocrática y centrada en las amenazas que prevalecía en los estudios de riesgos. Procedente de una crítica radical impulsada por la geografía anglosajona (Hewitt 1997; Wijkman y Timberlake 1984), el concepto de vulnerabilidad permitió introducir la problemática del (mal) desarrollo en el corazón de las investigaciones sobre los riesgos, anclando la construcción del riesgo no en el mundo físico sino en lo social (Maskrey 1993; Blaikie et al. 1994; García Acosta 2005), haciendo del riesgo una cuestión política. De este modo, las ciencias sociales han encontrado un espacio legítimo para trabajar sobre la cuestión del riesgo.

Apoyado por las grandes instituciones internacionales (en particular el Decenio Internacional proclamado por las Naciones Unidas para el período 1990-2000), el término vulnerabilidad se remarca progresivamente en las políticas públicas. Tanto en América Latina como en Ecuador, La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América contribuye substancialmente a la difusión de este concepto mediante una serie de eventos, investigaciones y publicaciones, en particular la obra mayor *Los desastres no son naturales* (Maskrey 1993) y la revista *Desastre y Sociedad* en el período 1993-1998.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de conocimiento y de prevención, el aumento de la población vulnerable, del número de desastres y de víctimas, y del costo económico de los desastres, los actores públicos de la gestión de riesgos de desastre, sobre todo en los países del Sur, centran su atención en la preparación y respuesta ante las situaciones de emergencia. En esta línea, con el sustento de las organizaciones internacionales y las políticas nacionales, se difunde la noción de resiliencia, que sustituye gradualmente a la de vulnerabilidad. En cierto modo, esta evolución de los términos manifiesta, a la vez, el posicionamiento de la gestión de riesgos sobre la preparación ante desastres y una renuncia a atacar las “causas de fondo” sociales, económicas y políticas que fundamentan la vulnerabilidad.

La mayoría de los trabajos de investigación con los que se busca comprender y evaluar la vulnerabilidad tienen una perspectiva operativa, es decir, están orientados hacia la aplicación de políticas públicas destinadas a reducirla. El objetivo de este capítulo es dar elementos de comprensión de la evolución de la noción de vulnerabilidad en el DMQ. Se trata de levantar los conocimientos aportados por las investigaciones sobre vulnerabilidad y su utilidad para la prevención de riesgos y la gestión de desastres en el territorio metropolitano. Para ello, se propone dar elementos de respuesta a las siguientes preguntas: 1) ¿cómo ha evolucionado la noción de vulnerabilidad en las investigaciones y estudios sobre el riesgo de desastres?, 2) ¿cómo esta noción ha sido movilizadada y comprendida en las políticas públicas de gestión de riesgos de desastres del DMQ, y 3) ¿cuáles son los diferentes matices de la vulnerabilidad en el período de 20 años?

Las investigaciones sobre la vulnerabilidad

Primeras investigaciones

Robert D'Ercole (1991) fue pionero en la introducción de la noción de vulnerabilidad en el análisis de riesgos, tanto en Ecuador como en Francia, con su tesis doctoral titulada “Vulnerabilidad de las poblaciones frente al riesgo volcánico. El caso de la región del volcán Cotopaxi (Ecuador)”. Tras la catástrofe del Nevado del Ruiz, en Colombia, en 1985, esta investigación evidencia la importancia de los factores sociales y de la representación del riesgo en la vulnerabilidad de la población, más allá de la exposición al peligro volcánico.

A principios de los años noventa, con base en el sistema de información geográfica desarrollado en el marco de una colaboración entre el municipio de Quito y el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM, actualmente IRD) (Souris 2006), la EPN inició un programa de investigación que realizó un escenario sísmico (Chatelain 1994). Si bien esta investigación se centra en la amenaza, considera el término de vulnerabilidad desde el punto de vista de la exposición a sismos y de la resistencia de los edificios. Otra contribución temprana es la tesis doctoral de Alexis Sierra (2000), realizada entre 1997 y 2000, sobre las laderas del Pichincha. Esta investigación destaca la importancia de las dimensiones políticas, sociales e institucionales en la construcción y gestión de los espacios “de riesgo” y de su vulnerabilidad.

Iniciado en 1999, el programa “Sistema de información y riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito” se desarrolló durante cinco años en el seno de la Dirección de Planificación. En respuesta a una solicitud del MDMQ para generar conocimiento sobre el riesgo y la vulnerabilidad en Quito, esta investigación tenía como objetivo elaborar una contribución concreta a la formulación de las políticas públicas de prevención y gestión de los riesgos de desastre.

Este proyecto de investigación se basa en la idea sencilla de que, para ser eficaz y eficiente, una política de prevención de riesgos debe centrarse, en primer lugar, en proteger los elementos de un territorio, que son, a la vez, los más importantes y los más vulnerables. Esta investigación ha producido una verdadera innovación en la problemática, conceptualización y metodología de estimación del riesgo. Ya no se trata de focalizar los esfuerzos de conocimiento en las amenazas (cuáles son, dónde, con qué frecuencia e intensidad), lo que corresponde a la visión clásica y centrada en las amenazas, cuyo conocimiento es una cuestión de geociencias. La nueva problemática transforma completamente los cuestionamientos: ¿qué se corre el riesgo de perder? y ¿qué se debe proteger? En consecuencia, desde el punto de vista conceptual, el riesgo ya no se fundamenta en los dos conceptos “amenaza” y “vulnerabilidad”, sino en “elementos esenciales” y “vulnerabilidad”. En términos metodológicos, esta manera de enfocar el riesgo conduce, en un primer momento, al análisis detallado del territorio para determinar y localizar los elementos esenciales que se deben proteger (D’Ercole y Metzger 2002), cuestionamiento que se dirige a las ciencias sociales y a la geografía urbana en particular.

Con la investigación, fuera de toda referencia a la amenaza, se identificó y localizó los elementos esenciales, es decir, indispensables para el funcionamiento del territorio del DMQ (tales como las redes vitales de agua, la red viaria o de electricidad, pero también establecimientos e infraestructuras educativas, de salud, de economía, entidades de gobierno y de poder, de la cultura, entre otros múltiples elementos del funcionamiento urbano). Se elaboró una amplia base de datos georreferenciados que aportó un conocimiento fino del territorio, de su población, de sus infraestructuras y equipamientos, de gran interés para la gestión territorial. En una segunda fase, se analizó la vulnerabilidad de estos elementos esenciales, es decir, se identificó los factores de deterioro o interrupción de su funcionamiento (D’Ercole y Metzger 2004). Ciertamente, puede tratarse de la exposición a una o varias amenazas, pero el estudio permite identificar otras formas de vulnerabilidad, tales como la precariedad de instalaciones físicas, la debilidad de las instituciones gestoras, la dependencia de elementos y

servicios externos, la precariedad económica o la mala accesibilidad, entre otros factores.

El enfoque en términos de elementos esenciales presenta el interés de designar objetos concretos del territorio (un puente, una planta de agua, un hospital, una vía, una terminal internacional, etc.), en los que los poderes públicos tienen la capacidad de actuar. En términos de resultados, la investigación muestra que interviniendo sobre menos del 5 % de la superficie del territorio, donde se concentran los principales elementos esenciales, se puede reducir la mayor parte de la vulnerabilidad del territorio del DMQ.

En esta línea han surgido algunos programas de investigación, como el análisis de la vulnerabilidad de la movilidad del DMQ (Demoraes 2006) o el almacenamiento y transporte de productos peligrosos (Estacio 2001). Los trabajos del programa regional PACIVUR continuaron forjando conocimiento sobre la vulnerabilidad (D'Ercole et al. 2009) con el mismo enfoque. En particular, en lo relativo al DMQ, se ha mostrado, a través de un enfoque histórico, social y territorial, cómo se construye y se transforma el riesgo en torno a El Beaterio, principal centro de almacenamiento de combustibles (Estacio 2009b), y se ha analizado la vulnerabilidad del Valle de Los Chillos, expuesto a las erupciones del volcán Cotopaxi, en un contexto de límite político-institucional (D'Ercole et al. 2009). También se ha trabajado sobre las causas y consecuencias de la vulnerabilidad a partir del análisis de accidentes ocurridos tales como el hundimiento de El Trébol, en 2008 (Salazar et al. 2009), o el incendio del poliducto en Chillogallo, en 2003 (Estacio 2009c).

Los nuevos abordajes de la vulnerabilidad en los estudios académicos

Los conocimientos académicos recientes sobre la vulnerabilidad son relativamente escasos y dispersos. Rara vez abarcan todo el territorio metropolitano o todo tipo de riesgos. La mayoría de ellos son análisis que no se refieren al conjunto del territorio del Distrito sino a un objeto particular (red de agua, hospital, escuela, instituto, entre otros) o a una porción del territorio (un barrio, el Centro Histórico, una cuenca o quebrada), frente a una amenaza particular (sismo, inundación, deslizamiento, erupción volcánica o hundimientos). Esta manera de investigar la vulnerabilidad tiene su interés particular en términos aplicativos, pero provoca una fragmentación de los estudios y una dilución de las causas políticas de la vulnerabilidad en asuntos técnicos, además de no tomar en cuenta las interrelaciones necesarias para el funcionamiento de estos elementos urbanos.

Entre los trabajos listados por Andrea Carrión y Julien Rebotier (ver Introducción) se encuentran 133 estudios que incluyen el término vulnerabilidad en las palabras clave, o sea menos del 20 %. Gran parte de estos estudios son tesis de pregrado (licenciatura, arquitectura o ingeniería) de la UCE. Probablemente, por esta razón se trata, por lo general, de estudios de vulnerabilidad limitados a un solo objeto de análisis, aislados de su entorno urbano. Por ejemplo, se realiza una serie de estudios sobre la vulnerabilidad de las escuelas, en los cuales se analiza la cuestión del riesgo desde una perspectiva más bien institucional, evaluando el nivel de preparación de los planes de prevención mediante la aplicación de métodos preestablecidos. Cabe señalar que la vulnerabilidad institucional también es objeto de investigación en relación con el Distrito, en referencia al grado de centralización en la toma de decisiones, a la organización gubernamental y a las prácticas de clientelismo, que limitan y pervierten la participación de los actores sociales (Quitiaquez 2015). Otras investigaciones tratan de la vulnerabilidad física o estructural relativa a la fragilidad de las construcciones ante una amenaza sísmica.

Más recientemente, estudios impulsados por organismos internacionales o instituciones metropolitanas ofrecen una perspectiva interesante de la vulnerabilidad. En particular, un trabajo sobre el impacto previsible del cambio climático, donde se examina los factores que contribuyen a la vulnerabilidad del DMQ en cinco sectores prioritarios: agua, salud, agricultura, ecosistemas y riesgos. Sin embargo, las variables consideradas son las amenazas, la exposición y la sensibilidad (CDKN y Secretaría del Ambiente del DMQ 2014), lo que limita el análisis de vulnerabilidad a la cuestión de la exposición a amenazas. De esta forma, gran parte de la obra se dedica a explorar los datos climáticos.

Por otra parte, el *Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructuras del DMQ* (MDMQ 2015a), si bien trata principalmente las amenazas, también analiza la exposición de infraestructuras, lo que permite evaluar directamente una forma de vulnerabilidad del territorio, aunque igualmente limitada a la exposición a las amenazas.

Al observar la tendencia de los estudios de vulnerabilidad del DMQ, se evidencia que la mayoría corresponde a disertaciones de universidades, maestrías y estudios académicos (tabla 1.1).

Tabla 1.1. Estudios de vulnerabilidad

Ámbito de riesgo	Referencias
Gestión de riesgo, vulnerabilidad por exposición	Campaña Chiliquinga (2019)
Riesgo sísmico, vulnerabilidad física	Heredia Albuja y Torres Cunalata (2021)
Factores de vulnerabilidad de redes	Proaño Morales (2011)
Factores de vulnerabilidad por exposición	Valenzuela Torres (2014)
Vulnerabilidad estructural de redes	Peña Garrido (2016)
Prevención y mitigación	Heredia Albuja y Torres Cunalata (2021)
Riesgos sanitarios, resiliencia	Jiménez Sánchez (2021)
Vulnerabilidad por exposición a amenazas tecnológicas	Maggi Arias (2021)
Cambio climático, exposición, adaptabilidad	PNUMA y FLACSO (2021)
Seguridad alimentaria	Andino, Forero y Quezada (2021)
Cambio climático, vulnerabilidad	Purkey et al. (2014)
Resiliencia, problemática urbana	Cuvi (2015)
Espacios urbanos, vulnerabilidad, riesgos sanitarios	Barrera et al. (2021)
Resiliencia, migración, adaptación	Reyes (2022)
Riesgo tecnológico, vulnerabilidad, accidentes industriales	Estacio (2009a)
Vulnerabilidad, fuentes de peligro, riesgo tecnológico	Estacio (2009b)
Susceptibilidad, amenazas antrópicas, exposición	Estacio y Narváez (2012)
Construcción del riesgo, susceptibilidad, exposición	Estacio y Rodríguez (2012)
Eventos pasados, vulnerabilidad	Estacio (2009c)
Percepción del riesgo, vulnerabilidad	Salazar y D'Ercole (2009) Salazar et al. (2009)

La vulnerabilidad analizada en estos trabajos se corresponde, en su mayoría, con temas físico-estructurales, socioeconómicos, institucionales y funcionales (por redes). Podría decirse que estos estudios mantienen, de alguna forma, la incidencia del concepto de vulnerabilidad en el DMQ desde la academia y forjan conocimientos de utilidad para la toma de decisiones. No obstante, estos, como muchos otros, no son difundidos o socializados a fin de establecer una agenda de necesidades para la investigación con las entidades municipales o lazos de trabajo mixtos (como ocurrió con el programa Sistema de Información Geográfica [SIG] y riesgos del IRD), para así generar continuidad y utilidad para las políticas de gestión de riesgos de desastres (GRD) en el DMQ. Por otro lado, el concepto de riesgo pocas veces es analizado desde la perspectiva de las ciencias sociales y del territorio bajo problemáticas integrales del DMQ. Sin embargo, algunas investigaciones excepcionales que abordan temas de vulnerabilidad, sus dinámicas y manifestaciones territoriales corresponden a entidades como la FLACSO y el IFEA.

Las diversas formas de reducción de la vulnerabilidad

Si bien el modelo propuesto desde la política pública del MDMQ se presenta como holístico (Plan Integral de GRD MDMQ), la vulnerabilidad, conjuntamente con la gestión de amenazas y manejo de la respuesta ante emergencia, presenta una serie de limitaciones en cuanto a su comprensión y su aplicabilidad.

Instituciones y planes

El término vulnerabilidad es de uso común en la formulación de las políticas de gestión de riesgos del DMQ. Sin embargo, no se aplican políticas realmente orientadas hacia su reducción, aparte de evitar o limitar puntualmente la exposición a las amenazas. Ejemplo de ello son las políticas públicas de gestión de riesgos orientadas al desalojo de las poblaciones ubicadas en zonas calificadas como de “riesgos no mitigables”, fundamentando la vulnerabilidad poblacional únicamente en su exposición a la amenaza. Esto significa que, a pesar del aparente auge de la vulnerabilidad en materia de utilidad del conocimiento para la prevención o mitigación del riesgo, la formulación de políticas públicas sigue basándose en conceptos centrados en las amenazas.

Por cierto, el propio Sistema Metropolitano de Gestión Integral de Riesgos del DMQ, creado en 2008 (mediante la Ordenanza Metropolitana No. 265) para agrupar y coordinar las instituciones vinculadas en el manejo integral de los riesgos, no menciona la vulnerabilidad.

Por su parte, la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad del DMQ, a cargo de la gestión de riesgos de desastre en el DMQ, basa su acción en preceptos internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Marco de Sendai, y en las políticas nacionales orientadas por el Plan Nacional de Desarrollo, el Plan de Seguridad y la Constitución Ecuatoriana.

El Plan Metropolitano de Gestión Integral del Riesgo, elaborado en 2020,¹ se refiere explícitamente a la vulnerabilidad como parte de esta gestión, pero busca caracterizarla sin entrar en detalles metodológicos, mientras la noción de resiliencia parece tener más impacto en este documento.

La complejidad del territorio del DMQ, con problemáticas de expansión urbana sin control, además de cambios en la gobernabilidad debido a las sucesivas administraciones municipales, generan nuevas formas de comprender e intervenir en cuanto al riesgo de desastres y, consecuentemente, la vulnerabilidad. A lo largo del tiempo, el término vulnerabilidad presenta

¹ Los grandes objetivos del plan son: 1) Desarrollo de investigación científica y aplicada enfocada a modelar, caracterizar y delimitar las amenazas, exposición, vulnerabilidades y capacidades de respuesta, a diferentes escalas y con enfoques comunitario, territorial y sectorial; 2) Se reduce la exposición y vulnerabilidades de la población y de la infraestructura mediante la implementación de medidas estructurales y no estructurales, fortaleciendo la resiliencia.

diferentes matices en cuanto a las políticas de reducción del riesgo de desastres, resumidas en los siguientes ejes:

- Control de la expansión urbana en zonas expuestas
- Reubicación de viviendas
- Construcción y fortalecimiento de obras de mitigación
- Enfoque de la resiliencia
- Manejo de los recursos de emergencia.

Control de la expansión urbana en zonas expuestas

La reducción del riesgo en zonas pobladas con alta exposición a amenazas se orienta a las nociones de usos y planificación del suelo del DMQ. Desde el año 2012 (y retomado en 2021), el Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PMDOT) (Ordenanza No. 001-2021) menciona y reitera la “gestión del riesgo de desastres” desde una perspectiva ambiental y como pilar importante para generar un desarrollo sostenible en el DMQ. Uno de los mecanismos de prevención del riesgo en el DMQ se basa mayoritariamente en reducir la exposición a las amenazas y aumentar la resiliencia. Así, el control de las zonas de riesgo se da a través de la identificación de “zonas con riesgos ambientales mitigables y no mitigables” y de la elaboración de estrategias de prevención de desastres naturales con procesos de participación ciudadana” (MDMQ 2021). Las zonas de riesgo no mitigable en el DMQ son espacios donde se prohíben asentamientos y actividades humanas debido a su elevada exposición a diferentes amenazas. Así mismo, el Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) limita la expansión de suelo urbano en las áreas naturales y los bosques protectores, que constituyen alrededor del 69 % del territorio del Distrito (MDMQ 2015). Estos instrumentos, si bien son reconocidos en las diferentes instancias municipales de manejo territorial del DMQ, presentan deficiencias de coordinación, control y ejecución para su sostenibilidad. Esto ocurre cuando la planificación llega después de la ocupación urbana del suelo, lo que denota la poca utilidad de los instrumentos de planificación preventiva. Este escenario es muy común en la planificación municipal donde, además, el tema de la regularización de barrios es recurrente.

Reubicación de viviendas

Frente a este hecho, una de las políticas actuales del MDMQ es el “Plan de relocalización emergente de familias asentadas en zonas de alto riesgo” (Ordenanza No. 0331 de 2010, reformada en 2012). Esta iniciativa municipal, vigente por más de 12 años, marca un trabajo transicional de diferentes

administraciones municipales para reducir el riesgo por exposición. Desde 2010 hasta la actualidad se han relocalizado 888 familias (alrededor de 5000 personas), pero se considera que aproximadamente “6200 hectáreas del DMQ se encuentran en condición de riesgo alto y muy alto por causa de amenazas de origen sísmico –lahares– o por probabilidad de deslizamientos, inundaciones, incendios” (Quito Cómo Vamos y PADF 2020). Esto significa que alrededor el 1,5 % de la superficie del DMQ y una población estimada de más de 800 000 personas están expuestas a alto y muy alto peligro.

Aunque la relocalización puede ser una medida conveniente de prevención, plantea un problema de sostenibilidad socioeconómica y financiera tanto para la población, que encuentra dificultades para pagar las cuotas de las nuevas viviendas, como para el Municipio, que afronta el reto de encontrar suelo disponible para crear nuevos asentamientos con equipamientos urbanos. En esta línea, muchos casos de relocalización pueden aumentar los factores de vulnerabilidad de la población y del territorio, y provocar nuevas condiciones de riesgo, por lo que se estaría “relocalizando el riesgo”. Estas experiencias se han dado en el DMQ con relación a relocalizaciones en las zonas de Carretas o de Quitumbe, donde la población reutiliza los espacios de riesgo. Es más, con más de 800 000 personas en situación de alto riesgo, es inevitable preguntarse cómo se eligen las pocas zonas de oferta de vivienda alternativa a los habitantes.

Construcción y fortalecimiento de obras

Tradicionalmente, la reducción de la vulnerabilidad se logra, sobre todo, mediante la mejora de la resistencia de ciertas obras de ingeniería y elementos importantes. A pesar de los diferentes eventos acaecidos en el DMQ, como los deslizamientos y flujos de lodo (río Monjas, laderas del Pichincha, La Gasca, entre otros), así como sismos (en 2016 y otros episodios puntuales en 2021 y 2022), inundaciones y eventos de reciente denominación como el de “subsistencia”,² las acciones municipales se focalizan en las obras de mitigación y control de las amenazas. Por ejemplo, el caso de subsidencia registrado en la ciudadela de Solanda en julio de 2020 evidenció daños en la mampostería y las estructuras de aproximadamente 525 viviendas. Frente a esta situación, las acciones de respuesta municipales se orientan a reducir su vulnerabilidad física mediante el reforzamiento estructural. Por otro lado, los deslizamientos en la cuenca del río Monjas, en 2019, y en el sector de La Gasca, en 2022, colocaron en el debate de la política municipal el tema del

² Son fenómenos asociados con hundimientos provocados por factores naturales combinados con factores humanos, lo cual da lugar a asentamientos y daños en construcciones e infraestructura vulnerables (MDMQ 2015a).

control y manejo de laderas, quebradas y comunidades expuestas.³ Un tema que se discute desde hace más de 30 años con diferentes actores y problemáticas similares.

La noción de intervenir los riesgos desde la amenaza es un enfoque cotidiano en las labores de reducción del riesgo en el DMQ, a pesar de que, en términos de manejo de la incertidumbre, estas medidas no serían suficientes frente a eventos aleatorios y de alto impacto. Entre las principales acciones mencionadas para la gestión del riesgo se encuentran:

- La reducción de la vulnerabilidad estructural y funcional enfocada en diversas obras y elementos importantes del DMQ (p. ej. escuelas y centros de salud).
- El fortalecimiento de las redes mediante obras para redundancia en cuanto a la captación y conducción del agua cruda desde el volcán Cotopaxi y la construcción de obras sismorresistentes.
- La construcción de obras de mitigación para reducir los impactos de las amenazas, como las generadas por deslizamientos e inundaciones (p. ej. el caso de zonas de los ríos Monjas, Machángara, Caupicho, José Peralta, con prevención estructural). Después de casi 25 años del proyecto Laderas del Pichincha, los desafíos continúan, con nuevos estudios y proyectos para hacer frente a nuevos escenarios de riesgo agravados por la creciente población en las laderas y la ocupación de quebradas, sin hablar de los retos planteados por el cambio climático.

Enfoque de la resiliencia

El aumento del enfoque de resiliencia llevó al Municipio de Quito a elaborar, en 2017, un documento titulado “Estrategia de Quito Resiliente”. En este texto se define la resiliencia urbana como: “la capacidad de las personas, comunidades, empresas y sistemas que se encuentran dentro de una ciudad para sobrevivir, adaptarse y crecer, independientemente de los tipos de tensiones crónicas e impactos agudos que experimenten”. Se menciona la gestión de los riesgos y especialmente su componente de preparación ante desastres como parte importante del desarrollo sostenible de Quito. No obstante, en este discurso, la vulnerabilidad no presenta un papel gravitante en la gestión para generar mejores capacidades territoriales. Es decir, se propone un enfoque político sobre “ser resiliente” pero se carece de una hoja de ruta sobre “cómo se debería ser resiliente”.

³ Se establecieron reformas a la Ordenanza No. 446 para mejorar la gestión en las laderas del Pichincha-Atacazo. Así mismo, el 5 de octubre de 2021 se emitió la Resolución No. AQ 009-2021, donde el Concejo Metropolitano de Quito resolvió declarar en emergencia la cuenca del río Monjas.

Con esta premisa, Quito, como muchas otras ciudades de América Latina, en particular las involucradas en el programa “Ciudades resilientes”⁴ presenta una serie de acciones para enfrentar de forma eficaz las amenazas potenciales y reducir los desastres. En términos políticos, la resiliencia parece tener más relevancia que el mismo término de vulnerabilidad, ya que resulta más atractiva en el discurso de la gobernabilidad del DMQ y facilita un mayor compromiso.

No obstante, cabe subrayar que la resiliencia acarrea una gestión del riesgo enfocada a preparativos ante situaciones adversas, a la adaptación a los daños y/o a la capacidad para asimilar los eventos de forma favorable. De tal forma, la noción de resiliencia conlleva una forma de aceptación del riesgo tal cual es, dejando de lado sus causas de fondo, como aquellas relacionadas con la vulnerabilidad territorial, la pobreza y la injusticia espacial, social, económica y política. Por esta razón, la resiliencia es un término bastante cuestionado, en particular por la geografía crítica, además de no existir un consenso global sobre su medición y alcances.

Manejo de los recursos de emergencia

La atención al manejo de los recursos de emergencia para un evento de crisis es otra forma de reducción de la vulnerabilidad relacionado con el trabajo de la Dirección de Riesgos del Municipio y el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) Metropolitano, con la que se generan planes y protocolos de respuesta eficaces para el manejo de emergencias. El plan “Responde Quito”, puesto en marcha por el COE, plantea una serie de acciones y protocolos destinados, entre otros fines, a la gestión de los recursos para el manejo de crisis. Se trata de identificar sectores y elementos estratégicos en caso de emergencia, su disponibilidad y a actores responsables para su manejo. Estos mecanismos de organización y distribución institucional son ejemplares en el DMQ y constituyen una de las bases para atender todo tipo de acontecimientos.

La paulatina dilución de la vulnerabilidad en la gestión del riesgo

Entre el concepto de vulnerabilidad, tal como se definió inicialmente en las investigaciones académicas, y su aplicabilidad real en los instrumentos y acciones orientadas por las políticas públicas de gestión del riesgo de desastre se evidencia claramente un desfase. La operacionalización del concepto de

⁴ Ciudades resilientes es un programa iniciado en 2012 por ONU-Habitat y la Fundación Rockefeller, apoyado por numerosos organismos internacionales, con el objetivo de incrementar la resiliencia de las ciudades.

vulnerabilidad en medidas puntuales y limitadas para conjurar la amenaza ha ido en detrimento de su peso crítico involucrando raíces sociales y políticas del riesgo. En paralelo, como se vio anteriormente, los propios estudios académicos se hicieron cada vez más fragmentados, mirando la vulnerabilidad de manera estrecha y considerando objetos aislados del funcionamiento territorial urbano.

Una visión limitada y fragmentada de la vulnerabilidad

El 19 de enero de 2023, la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad emitió los “Lineamientos esenciales para el funcionamiento, integración y articulación de las unidades responsables del proceso de gestión de riesgos en el Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito” (aún en proceso). En este documento se promulga la creación y articulación de unidades de GRD en todas las instancias municipales, las direcciones y los comités mixtos de diferentes empresas y se vincula, en uno de sus principios, el estudio de la vulnerabilidad y de los elementos esenciales para reducir el riesgo de desastres.

Sin embargo, con base en diálogos con varias autoridades,⁵ y en la consulta de diferentes instrumentos y documentos municipales sobre la GRD en el DMQ, se observan formas limitadas de comprender el término vulnerabilidad y, en algunos casos, su casi desconocimiento o ausencia.

En efecto, el término se reduce mayoritariamente a la comprensión de la vulnerabilidad por exposición a una amenaza, al factor estructural o físico de las edificaciones o a los niveles socioeconómicos que permiten identificar a la población vulnerable.

Además, las diferentes visiones de la vulnerabilidad no siempre están concatenadas a principios reguladores de instrumentos municipales (como ordenanzas o los planes de usos de suelo), los cuales, más bien, se encuentran dispersos y diluidos en múltiples instrumentos y acciones por parte de las Empresas Municipales, relacionadas con obras de mitigación, manejo en quebradas, programas de relocalización o manejo sostenible de zonas.

En contraparte, en los discursos y propuestas municipales, se observa cada vez más la utilización de términos como resiliencia, adaptación al cambio climático, gestión sostenible del territorio, impactos ambientales, siguiendo los marcos internacionales y ordenanzas municipales. En paralelo, toma forma el “riesgo corporativo” basado en una visión empresarial regida

⁵ Entrevistas con funcionarios de la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, la Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda, el COE Metropolitano, la EPMAAP, la Empresa de Seguridad, el Metro de Quito, la Secretaría de Comunicación y la Secretaría de Ambiente que colaboraron en diferentes estudios y herramientas de la GRD en el DMQ en los últimos 20 años.

por la seguridad. Esta noción es adoptada y promovida por las empresas municipales como Empresa de Seguridad, Metro de Quito, Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EPMAAP) y Empresa Metropolitana de Aseo (EMASEO). Estos nuevos enfoques aún no son consensuados en las diferentes instancias municipales; sin embargo, son términos que están reemplazando la palabra vulnerabilidad e inclusive, aparentemente, la noción de “gestión del riesgo”. En el caso del Metro de Quito, todavía no se elabora un plan de GRD y la noción de vulnerabilidad no es utilizada para analizar la movilidad, aunque sí lo es la de seguridad.

Los insumos de utilidad para una política pública

Como contrapartida de los estudios académicos, el MDMQ genera una serie de instrumentos, documentos, insumos y plataformas de información importantes de apoyo al fortalecimiento de las políticas públicas de la GRD. Se citan ejemplos en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Documentos, insumos y plataformas de información

Documentos / Insumos / Plataformas	Autor / año	Ámbito de riesgo
Atlas de Amenazas naturales: exposición de infraestructura DMQ	MDMQ (2015a) (actualizado 2018)	Gestión de riesgo, vulnerabilidad por exposición
Estrategia de Resiliencia del DMQ	MDMQ (2017a)	Riesgo y resiliencia
Plan Metropolitano de Gestión Integral del Riesgo de Desastres	MDMQ (2020a)	Reducción del riesgo
Plan Metropolitano de gestión de reducción del riesgo de desastres “Quito Listo”	MDMQ (2017b)	Reducción del riesgo
Distrito Metropolitano de Quito: Resultados del Análisis de Vulnerabilidad Climática para los sectores prioritarios	CDKN y Secretaría del Ambiente del DMQ (2014)	Cambio climático, vulnerabilidad
Ordenanza que implementa y regula el Sistema de protección integral en el DMQ	Alcaldía, Consejo Municipal (2017)	Zonas de protección
Reducción de huella de carbono en el DMQ y aumento de la resiliencia frente al cambio climático	Fondo ambiental, MDMQ www.fondoambientalquito.gob.ec	Riesgo climático, adaptación, mitigación
Plan de usos y Gestión del suelo 2021-2033 del DMQ: Experiencia técnica y mecanismos de participación	MDMQ (2021)	Zonas de protección
Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Anexo 3. Diagnóstico)	MDMQ (2021)	Incorporación de zonas de afectación por amenazas
Avance en la formulación del: “Plan Metropolitano de Gestión Integral del Riesgo”	MDMQ (2020a)	Riesgo integral, resiliencia
Plan de gestión del riesgo de desastres para el núcleo central del Centro Histórico de Quito, patrimonio mundial	Instituto Metropolitano de Patrimonio (2019)	Exposición, patrimonio, zonas de alto riesgo
La gestión de riesgos de desastres en el Estatuto de Quito	Hugo Cahueñas (2019)	Gestión del riesgo
Proyecto de estatuto de autonomía para el Distrito Metropolitano de Quito	MDMQ (2020b)	Gestión de la ciudad

Tabla 1.2. (Continuación)

Documentos / Insumos / Plataformas	Autor/año	Ámbito de riesgo
Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito	Ordenanza municipal (1997)	Gestión de la ciudad
Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito	Resolución municipal (2022)	Riesgo quebradas
Plataforma de registros oficiales donde está el DMQ desde el 2001 a la fecha	Registros de varios años https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Registros%20Oficiales/	
Ordenanza para la creación del Sistema Metropolitano de Gestión Integral de Riesgos del DMQ	Consejo Metropolitano (2008)	Normativa, sistema de riesgo
Concejo aprobó ordenanza para relocalización de familias ubicadas en sitios de riesgo	Quito Informa (2022) quitoinforma.gob.ec	Relocalización, exposición
Se conoce en primer debate proyecto de Ordenanza de promoción y atención de la salud mental y prevención de riesgos psicosociales en Quito	Quito Informa (2022) quitoinforma.gob.ec	Vulnerabilidad en la salud
Subsistema de evaluación de impactos ambientales y control ambiental	Ordenanza municipal (2012)	Gestión ambiental, riesgos ambientales
Régimen común en materia de prevención de incendios para el licenciamiento metropolitano	Ordenanza Cuerpo de Bomberos (2022)	Normativa, control incendio
Preparación para respuestas	EMSEGURIDAD http://www.emseguridad.com/	Lineamientos de emergencia
Plan de respuesta 'Responde Quito' fue aprobado en sesión de Concejo Metropolitano	Quito informa (2023) quitoinforma.gob.ec	Amenazas, recursos, instituciones
Dirección Técnica de Gestión de Riesgos	Plataforma informativa (2023) https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informacion-de-gestion-de-riesgos-en-linea/	Plataforma sobre los Agentes de control de Quito

Estos insumos y mecanismos institucionales muestran una tendencia hacia las formas en que la Municipalidad está abordando el tema del riesgo y la vulnerabilidad en políticas públicas. En este sentido, se observa globalmente instrumentos enfocados en el estudio de la amenaza, la resiliencia, el riesgo climático y la respuesta. Adicionalmente, se refleja que la gestión del riesgo del MDMQ presenta avances importantes en términos de institucionalidad e instrumentos de gestión. Sin embargo, los principales retos observables son la reducción de los factores subyacentes y disparadores del riesgo enfocados en los aspectos políticos, territoriales, socioeconómicos o poblacionales, en los cuales las políticas de gestión de riesgo no tienen la mano. Es decir, se deja de lado un enfoque más crítico y político hacia los factores que generan y aumentan la vulnerabilidad territorial, y exacerban el riesgo de desastres.

El ascenso incontenible de la vulnerabilidad del territorio

A medida que la noción de vulnerabilidad se hace menos presente, fragmentada y diluida, y se vuelve menos consistente en el pensamiento de la gestión del riesgo de desastre, la vulnerabilidad aumenta concretamente en el territorio.

En primer lugar, paradójicamente, el alejamiento del entendimiento de la vulnerabilidad territorial basada en los enfoques de las ciencias sociales

para comprender la construcción del riesgo de desastres (y, por tanto, avizorar ámbitos de intervención precisos basados en un análisis del territorio) genera un aumento de la vulnerabilidad institucional, cuyos factores más relevantes son:

- Falta de articulación entre entidades municipales para complementar acciones, información y datos sobre manejo y uso de suelo, planificación y gestión del riesgo (mucha información y bases de conocimiento están obsoletas o tienen poco alcance práctico).
- Variaciones de enfoque de la GRD generados por diferentes administraciones municipales y los marcados cambios estructurales en su institucionalidad.
- Limitaciones en el marco de gobernanza del riesgo del DMQ, orientado mayoritariamente al manejo de la amenaza y de la respuesta.
- Multiplicación de ordenanzas y ampliación del marco legal, pero con limitada efectividad práctica, en especial en lo relativo a las zonas seguras y no mitigables.
- Desmotivación para abordar las causas profundas del riesgo y mitigar los factores subyacentes.

En estas condiciones, la falta de consideración de la vulnerabilidad territorial concatenada con el aumento de la vulnerabilidad institucional constituye un punto a resolver en el ámbito de la gobernanza del riesgo del DMQ.

Adicionalmente, la propia dinámica espacial del DMQ contribuye de forma automática al aumento de la vulnerabilidad, y esto mucho más allá del crecimiento de la población expuesta a las amenazas. En efecto, al caracterizarse por un crecimiento urbano en las zonas periféricas carentes de infraestructura y servicios urbanos, mientras disminuye la población en las partes centrales bien equipadas, la expansión urbana conlleva mecánicamente un incremento de la vulnerabilidad del territorio y de la población.

Una mirada global y evolutiva de los matices de la vulnerabilidad

La mirada de la vulnerabilidad en el DMQ se diluye y se transforma bajo diferentes enfoques políticos y problemáticas urbanas del riesgo. En términos generales, la vulnerabilidad aparece según se conforman las problemáticas de amenazas (deslizamientos o inundaciones en cuencas y quebradas, hundimientos/subsidencias en barrios, sismos, entre otras). En estos casos, aparece con énfasis la vulnerabilidad física/estructural y los temas de vulnerabilidad corporativa centrados en la sostenibilidad de servicios básicos del DMQ.

En otros casos, la visión política e institucional del Municipio de Quito enfoca la gestión del riesgo hacia los ámbitos de la resiliencia, la resistencia

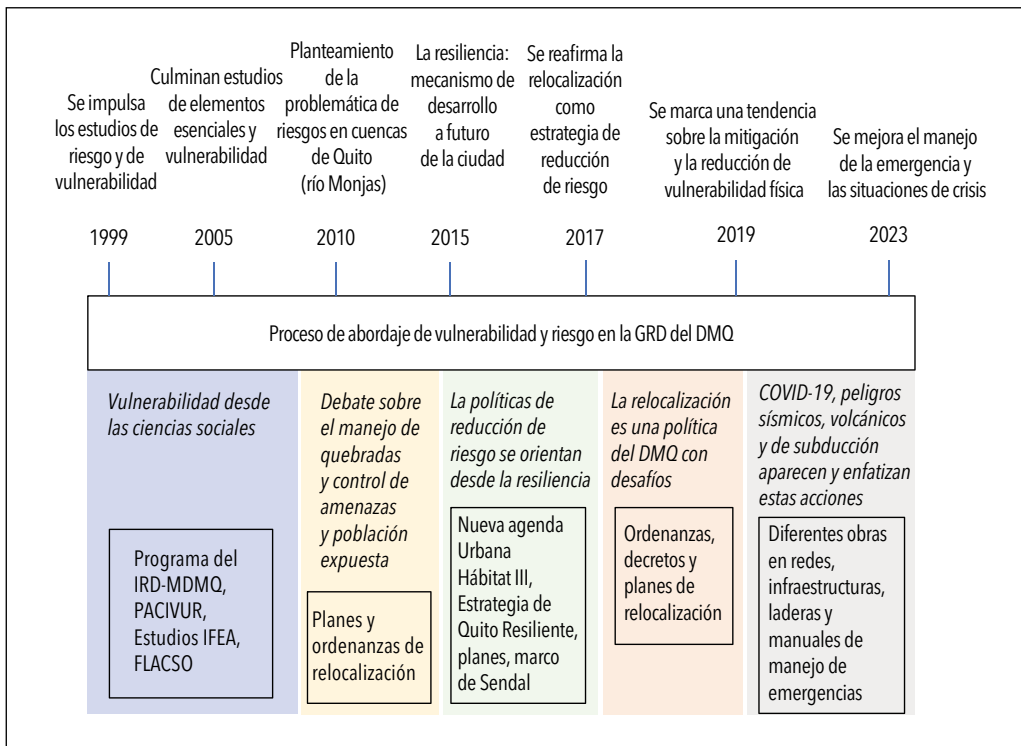
y la relocalización como medidas de protección urbana (sostenidos por varias administraciones municipales), mientras se enfatiza en nuevos matices de la vulnerabilidad desde aspectos de capacidades y respuestas. Esta visión se da en el marco internacional de la Agenda Urbana Habitat III, Marco de Sendai, programas de ciudades resilientes, infraestructura resiliente y otros instrumentos orientadores de políticas globales.

La vulnerabilidad, analizada desde los recursos de emergencia, toma peso en los últimos años, de forma sostenida, con el acontecimiento de la pandemia por COVID-19 y situaciones potenciales de desastres como la erupción del Cotopaxi, nuevos escenarios sísmicos en Quito o los fenómenos del Niño/Niña, desencadenantes del riesgo hidrológico. En este sentido, cobra mucha relevancia institucional el COE Metropolitano, que lidera los temas de gestión de desastres y emergencias.

En la figura 1.1 se ilustra de forma aproximada y con fines comprensivos una línea de tiempo de los diferentes matices de la vulnerabilidad en los procesos de GRD, considerando los principales hitos o acontecimientos urbanos descritos en líneas precedentes.

El riesgo de desastres sigue siendo un tema capital en la gestión urbana del DMQ. Por ello, es necesario innovar la reflexión sobre el abordaje de la vulnerabilidad considerando sus factores territoriales, políticos e institucionales, concatenados con los retos de desarrollo sostenible del DMQ.

Figura 1.1. Proceso de abordaje de vulnerabilidad y riesgo



La vulnerabilidad, surgida en los años noventa como componente clave de los riesgos, adquiere una notoriedad planetaria con las cuestiones medioambientales, el cambio climático y, más recientemente, la pandemia por COVID-19. Esta noción, sostenida por las instituciones internacionales, inicialmente es portadora de una crítica social y política del modo de desarrollo. Sin embargo, la institucionalización del concepto de vulnerabilidad, acompañada de una búsqueda de operatividad, tiene como efecto la exclusión de las dimensiones más radicales y críticas relativas a las causas de fondo del riesgo, para conservar solo la retórica. Pasar de la búsqueda de las causas de la vulnerabilidad hacia una gestión del riesgo menoscabada por la amenaza corresponde a una manera de despolitizar el tema. En otras palabras, el riesgo visto desde el ángulo de su gestión, como una acción técnica, oculta los aspectos ampliamente políticos y sociales de la vulnerabilidad.

Paralelamente, el término resiliencia, visto como capacidad de adaptación, presenta una dimensión “positiva” que está sustituyendo paulatinamente a la vulnerabilidad, avizorada como aspecto “negativo”. La evolución del significado y de la aplicabilidad de la vulnerabilidad en la gestión urbana parecen continuar una evolución de la posición de las ciencias sociales en la producción científica sobre los riesgos.

Este proceso general se nota específicamente en el DMQ, tanto en los estudios académicos como en las políticas públicas de GRD. En efecto, hace 20 años la vulnerabilidad constituía el centro de investigaciones urbanas con enfoques del riesgo desde las ciencias sociales. A través de ella, se pudo dilucidar la problemática del riesgo como una construcción social y bosquejar políticas de prevención desde la noción de vulnerabilidad territorial. Progresivamente, este concepto se disuelve y pierde su matiz territorial. Actualmente se nota una fragmentación de los estudios, en torno a objetos aislados del funcionamiento del territorio, cuando es conocido que la ciudad es un sistema de elementos interconectados. La vulnerabilidad se va orientando a la exposición a amenazas, a sus aspectos físicos/estructurales y a la gestión de los recursos necesarios para emergencias y atención de desastres. De esta forma, la relevancia de resaltar la importancia del funcionamiento del territorio para entender el riesgo queda relegada en las políticas del DMQ, aunque se mantiene cierta noción de los “elementos esenciales”.

Desde inicios del año 2000, se difunden nuevos modelos de gestión de riesgo, relativos al cambio climático, la resiliencia, el desarrollo sostenible, que a menudo se emplean en discursos y documentos, sin consensos sobre sus definiciones y mediciones. Los estudios de vulnerabilidad se colocan bajo un débil entendimiento de este término por parte de las entidades municipales involucradas en este ámbito.

La gestión del riesgo en el DMQ es cíclica y recurrente. El uso de la noción de vulnerabilidad parece no escapar de esta trayectoria, así como sus formas de abordaje, que figuran haber involucionado en el tiempo. Esta trayectoria puede observarse en el manejo de quebradas y de laderas que están recuperando visibilidad y relevancia cuando ocurren los desastres. Después de casi 30 años de esfuerzos, los problemas de riesgos siguen siendo los mismos, al igual que las políticas públicas que consideran la amenaza y la exposición como ejes principales de su reducción. Parece que el riesgo no se reduce, sino que solo se desplaza, se transforma o se reconstruye.

Como consecuencia de la dilución y fragmentación de la vulnerabilidad, y de sus matices poco consistentes, las políticas públicas de gestión de riesgo generan, paradójicamente, más vulnerabilidad institucional y deficiencias en el modelo de gobernanza del DMQ, lo que se agrava, además, por los grandes cambios estructurales que el Municipio vive desde hace 20 años.

Referencias

- Andino, V., O. Forero y M. L. Quezada. 2021. *Informe de síntesis dinámica y planificación del sistema agroalimentario en la ciudad-región Quito*. Roma: FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4529es>
- Barrera, Augusto, Alejandra Bonilla, Salomé Espinosa, Javier González, Caridad Santelices, y Johanna Villavicencio. 2021. "Índice de vulnerabilidad y trayectorias espaciales del COVID-19 en el Distrito Metropolitano de Quito". *Geopolítica(s)* 12 (1): 51-76. <https://doi.org/10.5209/geop.70908>
- Cahueñas, Hugo. 2019. La gestión de riesgos de desastres en el Estatuto de Quito. Plan V. <https://www.planv.com.ec/ideas/ideas/la-gestion-riesgos-desastres-el-estatuto-quito>
- Campaña Chiliquinga, Josselyn Paola. 2019. *Evaluación del nivel de riesgo, amenazas y vulnerabilidades del barrio Cielo Azul del Distrito Metropolitano de Quito, en el período abril-septiembre 2019*. Quito: UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20503>
- CDKN (Climate and Developed Knowledge Network) y Secretaría del Ambiente del DMQ. 2014. *Distrito Metropolitano de Quito: Resultados del Análisis de Vulnerabilidad Climática para los sectores prioritarios*. Quito: CDKN y Secretaría del Ambiente del DMQ.
- Cuvi, Nicolás. 2015. "Un análisis de la resiliencia en Quito, 1980-2015". *Revista Bitácora Urbano Territorial* 25 (2): 35-42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74846550005>
- Chatelain, J. L. 1994. "Les scénarios sismiques comme outils d'aide à la décision pour la réduction des risques: projet pilote à Quito, Equateur". *Revue de géographie alpine* 82 (4): 131-50. <https://doi.org/10.3406/RGA.1994.3780>

- D'Ercole Robert. 1991. "Vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur)". Tesis de doctorado, Universidad Joseph Fourier.
- D'Ercole, Robert, y Pascale Metzger. 2002. *Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito*, Colección Quito Metropolitano. Quito: MDMQ-IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010032857.pdf
- 2004. *Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*, Colección Quito Metropolitano. Quito: MDMQ-IRD. <https://ird.hal.science/hal-01155465/>
- D'Ercole, Robert, Sebastian Hardy, Pascale Metzger y Jérémy Robert. 2009. "Vulnerabilidades urbanas en los países andinos (Bolivia, Ecuador, Perú)". *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 38 (3). <https://doi.org/10.4000/bifea.2216>
- Demoraes, Florent. 2006. *Movilidad, elementos esenciales y riesgos en el DMQ*, Colección Quito Metropolitano. Quito: MDMQ-IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/010039249.pdf
- Estacio, Jairo. 2001. "Almacenamiento, transporte y peligrosidad de combustibles, productos químicos y radioactivos en el DMQ". En *Informe de Cooperación Científica entre el MDMQ y el IRD*, coordinado por Robert D'Ercole y Pascale Metzger. Quito: IRD.
- 2009a. "Los riesgos tecnológicos en el DMQ, la paradoja del desarrollo urbano y el síndrome de nuevos escenarios de riesgos y desastres". En *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina*, editado por Jaime Erazo, 345-63. Quito: FLACSO. <https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/>
- 2009b. "Construcción y transformación del riesgo tecnológico: la terminal de combustibles El Beaterio-Quito". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 683-707. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000015>
- 2009c. "El incendio del 17 de abril de 2003 en Chillogallo (Quito)". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 527-43. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000008>
- Estacio, Jairo, y Gabriela Rodríguez. 2012. "Los eventos morfoclimáticos en el DMQ: una construcción social y recurrente". *Letras Verdes* 11: 73-99. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.11.2012.917>
- Estacio, Jairo, y Nixon Narváez. 2012. "Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Conocimiento e intervención pública del riesgo". *Letras Verdes* 11: 27-52. <http://hdl.handle.net/10469/3814>
- García Acosta, Virginia. 2005. "El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos". *Desacatos* 19: 11-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13901902>

- Heredia Albuja, María Fernanda, y Mentor Eduardo Torres Cunalata. 2021. "Análisis de la vulnerabilidad urbana frente a fenómenos sísmicos en el Centro Histórico de Quito". *Eídos* 12 (17): 87-99.
<https://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/857>
- Hewitt, Kenneth. 1997. *Regions of Risk: A Geographical Introduction to Disasters*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Instituto Metropolitano de Patrimonio. 2019. Plan de gestión del riesgo de desastres para el núcleo central del Centro Histórico de Quito, patrimonio mundial.
- Jiménez Sánchez, Henry Camilo. 2021. "Análisis multidimensional de resiliencia en el centro histórico de Quito por parte de los prestadores de servicio turísticos, caso Covid-19". Tesis, ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25810>
- Maggi Arias, Oswaldo Elías. 2021. *Propuesta de un índice de vulnerabilidad ante explosiones en depósitos de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) en parroquias urbanas dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito: IAEN. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/6059>
- Maskrey, Andrew. 1993. *Los desastres no son naturales*. Bogotá: La Red, Tercer Mundo Editores. <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/>
- Martínez Pazmiño, Washington Paul, 2020. Estrategias de gestión de riesgos como eje transversal del desarrollo sostenible y resiliente, caso Calderón DMQ UTE.
- MDMQ. 2015a. Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructuras del DMQ. Quito. MDMQ.
- 2015b, PDOT 2015_2025, Plan Metropolitano de Desarrollo de Ordenamiento Territorial, Quito. MDMQ.
 - 2017a. Quito Resiliente. Estrategia de Resiliencia Distrito Metropolitano de Quito.
 - 2017b. Plan Metropolitano de gestión de reducción del riesgo de desastres "Quito Listo"
 - 2020a. Plan Metropolitano de Gestión Integral del Riesgo de Desastres.
 - 2020b. Proyecto de estatuto de autonomía para el Distrito Metropolitano de Quito. Borrador para discusión pública.
 - 2021. PMDOT 2021-2033, Plan Metropolitano de Desarrollo de Ordenamiento Territorial, Quito. MDMQ.
- Peña Garrido, Margarita. 2016. "Análisis de vulnerabilidad y mitigación de riesgos estructurales en las infraestructuras de abastecimiento de agua, en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en caso de erupción del volcán Cotopaxi (Ecuador)". Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid.
- PNUMA y FLACSO. 2021. *Perspectivas del ambiente y cambio climático en el medio urbano: ECCO DMQ*. Quito. FLACSO y PNUMA.
https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=124087&tab=opac

- Proaño Morales, Jorge Luis, 2011. “Análisis de vulnerabilidad del sistema de captación y conducción de agua potable Papallacta del Distrito Metropolitano de Quito”. Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Purkey, David, Juan Carlos Baca, Jairo Estacio, Laura Forni, Francisco Flores López, Nicholas Depsky, Hugo Romero y Katherine Tehelen. 2014. *Distrito Metropolitano de Quito: Resultados del Análisis de Vulnerabilidad Climática para los sectores prioritarios*. Quito: SEI, CDKN, Secretaría de Ambiente.
- Quitiaquez Zaldumbide, Carla Estefanía. 2015. “Evaluación de gestión de riesgos naturales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), mediante un estudio de vulnerabilidad y de políticas públicas para mejorar los procesos de planificación”. Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Quito Cómo Vamos y PADF. 2020. *Informe de Calidad de Vida 2020*. Quito. <https://bit.ly/3VjV0lj>
- Quito Informa. 2022. Concejo aprobó ordenanza para relocalización de familias ubicadas en sitios de riesgo. <https://www.QUITOinforma.gob.ec>
- Reyes Reyes, Doménica. 2022. “Migración y cambio climático: estrategias de resiliencia en las políticas de gestión del riesgo en el Distrito Metropolitano de Quito”. Tesina de especialización en Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades, FLACSO.
- Salazar, Diana, y Robert D’Ercole. 2009. “Percepción del riesgo asociado al volcán Cotopaxi y vulnerabilidad en el Valle de los Chillos (Ecuador)”. *Bulletin de l’Institut français d’études andines* 38 (3): 849-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000022>
- Salazar, Diana, Florent Demoraes, Nury Bermúdez y Svetlana Zavgorodniaya. 2009. “De Trébol a girasol: consecuencias de un hundimiento ocurrido el 31 de marzo de 2008 en un eje esencial de la red vial de la Ciudad de Quito”. *Bulletin de l’Institut français d’études andines* 38 (3): 561-72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12617000010>
- Sierra, Alexis. 2000. “Gestion et enjeux des espaces urbains à risque d’origine naturelle: les versants et les quebradas de Quito, Équateur”. Tesis de doctorado, Université Paris 8.
- Souris, Marc. 2006. *La construction d’un système d’information dans le cadre de la coopération entre l’IRD et la Municipalité de Quito*. Actes et Mémoires de l’IFEA 5: 39-62.
- Valenzuela Torres, Viviana Nathaly. 2014. *Estudio de vulnerabilidad física y socio-económica en la parroquia de Pomasqui, ante amenazas sísmicas*. Quito: PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/8780>
- Wijkman, Anders y Lloyd Timberlake. 1984. *Natural disaster. Acts of God or acts of Man?* IIED, Earthscan.

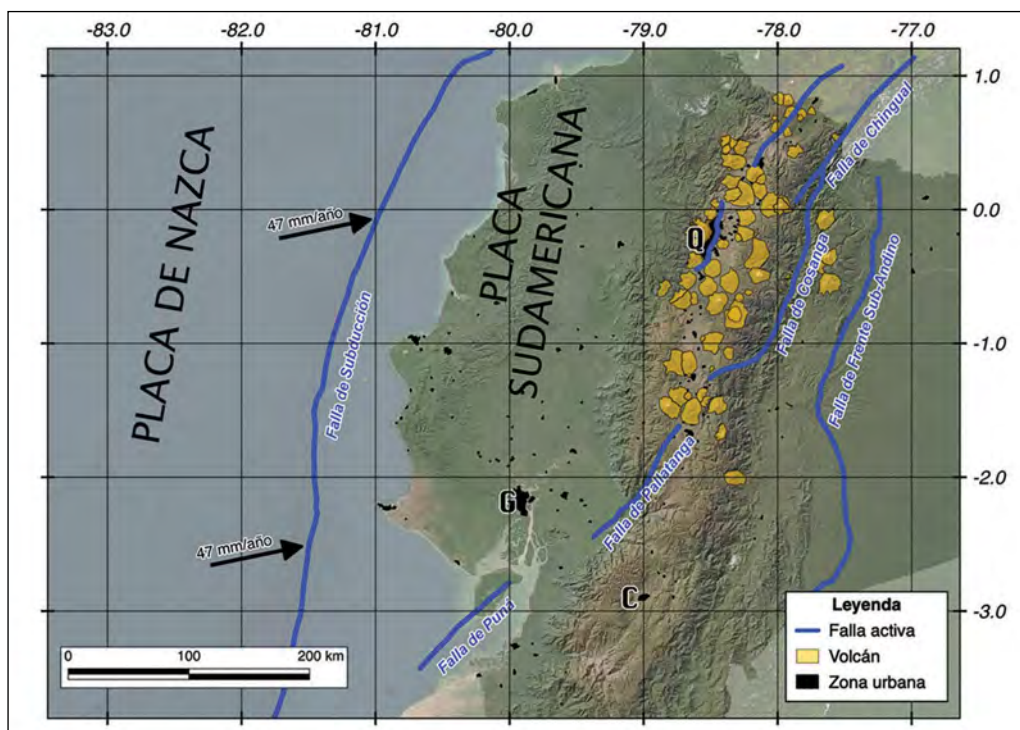
2 | Los estudios de peligros geológicos en Quito desde la década de los ochenta

S. Daniel Andrade, Eliana Jiménez Álvaro, Pablo Samaniego, Daniel Pacheco y Alexandra Alvarado

La presente revisión se centra en los avances que se han realizado en los estudios relacionados con la evaluación de los peligros geológicos en la ciudad de Quito y estará enfocada a los últimos 40 años de investigaciones. En efecto, entre las décadas de los sesenta y setenta, las ciencias geológicas adoptaron, de manera unánime, un marco teórico global conocido como Tectónica de Placas (McKenzie y Parker 1967; Morgan 1968; Le Pichon 1968; Wilson 1976), el cual serviría de base para entender y estudiar de manera coherente los procesos físicos y químicos de la Tierra en las décadas subsiguientes (Minster y Jordan 1978; Allègre, Lewin y Dupré 1988; Bercovici 1998, 2003). En especial, esta revolución científica permitió el florecimiento de nuevos enfoques cuantitativos para el estudio de procesos geológicos, como los terremotos producidos por fallas tectónicas, las erupciones producidas por volcanes y los movimientos en masa asociados a procesos de formación y erosión del relieve terrestre. En el contexto de la Tectónica de Placas, Ecuador se encuentra en una zona de subducción, donde la placa oceánica de Nazca se hunde por debajo de la placa continental de Sudamérica, mientras ambas se desplazan en sentidos opuestos (mapa 2.1) (Pennington 1981; Freymueller, Kellogg y Vega 1993; Trenkamp et al. 2002). Las medidas más recientes muestran que la placa de Nazca se mueve en dirección ENE, a una velocidad de 46-48 mm/año, con respecto a la placa Sudamericana (Jarrin et al. 2022, 2023). El proceso de subducción de estas placas está en el origen de todas las fallas tectónicas (Tibaldi y Ferrari 1992; Winter, Avouac y Lavenue 1993; Ego et al. 1996; Fiorini y Tibaldi 2012; Alvarado et al. 2016; Yepes et al. 2016; Baize et al. 2020) y todos los volcanes activos (Hall y Wood 1985; Barberi et al. 1988; Gutscher et al. 1999; M.L. Hall et al. 2008; Bablon et al. 2019, 2020) del Ecuador continental. El desarrollo geológico de las fallas tectónicas y de los volcanes da lugar a la formación de terrenos y relieves susceptibles a movimientos en masa.

El territorio de Quito es el resultado de procesos geológicos que han ocurrido en apenas los últimos dos millones de años de historia de la Tierra y que continuarán sucediendo por períodos de tiempo similares. El sustrato del segmento urbano de Quito se encuentra enteramente compuesto por depósitos originados en los volcanes de sus alrededores, como

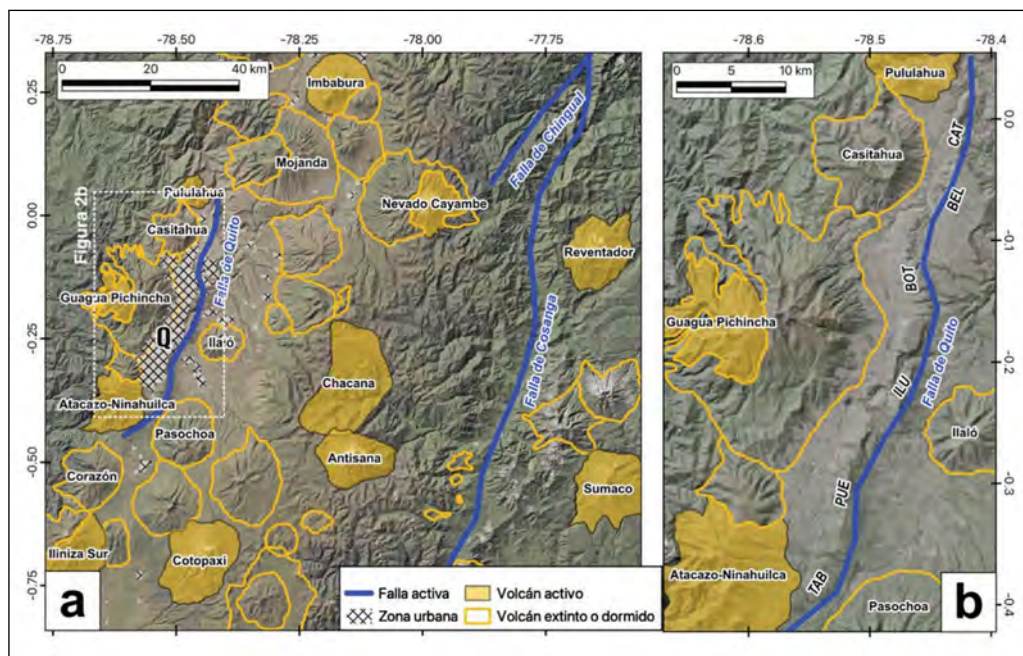
Mapa 2.1. Marco geodinámico simplificado del Ecuador



Nota: las fallas de subducción representan el límite entre las placas de Nazca y Sudamericana. Q = Quito, G = Guayaquil, C = Cuenca.

los complejos volcánicos del Pichincha (Robin et al. 2008, 2010), del Atacazo-Ninahuilca (Hidalgo et al. 2008), del Casitahua (Pacheco, Andrade y Alvarado 2014) y del Pululahua (Andrade et al. 2021) (mapa 2.2). También, gran parte de las zonas urbanas y suburbanas que corresponden a los valles de Los Chillos, Tumbaco y Guayllabamba se encuentran fuertemente influenciadas por el desarrollo de volcanes como el Cotopaxi (Barberi et al. 1995; Mothes, Hall y Janda 1998; Mothes et al. 2004; Hall y Mothes 2007), Mojanda-Fuya Fuya (Robin et al. 1997, 2009), Ilaló y Pasocha, si bien estos tres últimos se consideran volcanes extintos.

El territorio de Quito ha sido popular y formalmente dividido en “Quito” y “Los Valles” debido al rasgo topográfico que los separa: las lomas de Bellavista-Catequilla, Ilumbisí-La Bota, Puengasí y El Tablón, alargadas en dirección N-S, las cuales han sido producidas por el movimiento de la falla tectónica de Quito (Alvarado et al. 2014) (mapa 2.2). A lo largo del tiempo, esta falla inversa ha ido levantando la meseta de Quito con respecto a la planicie de Los Valles, que se encuentra unos 300 metros por debajo. En escalas de tiempo de décadas a siglos, el movimiento de esa falla se expresa a través de múltiples terremotos que han afectado periódicamente a la ciudad (Beauval et al. 2010, 2013; Vaca et al. 2019). Para completar el panorama sobre el origen de los peligros geológicos, precisamente las laderas de los volcanes cercanos (p. ej. el Pichincha) y las laderas formadas por la falla de



Nota: (a) Mapa regional de la zona de Quito (Q), su relieve, sus fallas y sus volcanes. (b) Detalle donde se muestran las lomas de El Tablón (Tab), Puengasí (Pue), Ilumbisi (Ilu), La Bota (Bot), Bellavista (Bel) y Catequilla (Cat), delineadas por la falla de Quito.

Quito son los lugares más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa (Municipio de Quito 2015).

En las siguientes secciones se presentan resúmenes correspondientes a los estudios de evaluación del peligro asociado a los tres procesos geológicos que definen el paisaje de la ciudad: sismos, volcanes y movimientos en masa. En especial, se presentan dos enfoques para la evaluación del peligro: uno a largo plazo y otro a corto plazo. El primero está representado principalmente por la elaboración de mapas probabilísticos donde los escenarios de peligro tienen períodos de retorno de años a décadas (incluso siglos) y son útiles para la toma de decisiones de planificación territorial a largo plazo. Por otro lado, el enfoque a corto plazo corresponde a las evaluaciones del peligro que se realizan mediante redes de monitoreo y que consisten en “pronósticos” sobre ocurrencia de amenazas válidos para días a semanas (incluso horas a minutos, para ciertos sistemas de alerta temprana). Las evaluaciones a corto plazo son útiles para decidir sobre la ejecución de planes de respuesta a las emergencias.

Evaluación del peligro a largo plazo

Peligro sísmico

Desde el punto de vista de la Tectónica de Placas, el proceso de subducción es responsable de los grandes terremotos que pueden ocurrir tanto en la zona costera como en el sistema de fallas llamado Chingual-Cosanga-Pallatanga-Puná (CCPP), que atraviesa el territorio ecuatoriano (mapa 2.1) (Alvarado et al. 2016). Con un gran número de sismos históricos, recopilados por Beauval et al. (2010), también se encuentran sistemas de fallas menores al este y oeste del sistema mayor CCPP. Esta compleja geodinámica hace del Ecuador un país con una alta actividad sísmica, con al menos cinco sismos de magnitud mayor a 7,5 observados en los últimos 100 años (Beauval et al. 2010).

La ciudad de Quito está expuesta a una alta amenaza sísmica debido a su proximidad con la zona de subducción del Pacífico y al sistema de fallas CCPP, ambas fuentes capaces de generar sismos importantes ($M > 7$) (mapa 2.1). Además, la urbe se ha extendido sobre el bloque cabalgante de un sistema de fallas inversas, conocido como “falla de Quito” (Alvarado et al. 2014), cuyos pliegues en compresión forman las lomas de Bellavista-Catequilla, Ilumbisí-La Bota, Puengasí y El Tablón, las cuales separan la cuenca de Quito de la zona de Los Valles, hacia el este (mapa 2.2).

Métodos de estudio y evaluación del peligro sísmico

La evaluación del peligro sísmico consiste en determinar la potencial aceleración (fuerza) del movimiento del suelo en un lugar específico como consecuencia de un sismo de características específicas (*i. e.* epicentro y magnitud). Hay dos metodologías disponibles para llevar a cabo esta evaluación: el análisis determinístico y el análisis probabilístico. El primero considera un escenario crítico, definido como el sismo de magnitud máxima y generado en la fuente más cercana al sitio que se pretende evaluar. Por lo tanto, en el análisis determinístico se toma en consideración un “escenario pesimista” (*worst case scenario*, el sismo más intenso posible) y se provee un valor de aceleración máxima esperada para el movimiento del suelo en el sitio de estudio, calculado a partir de la aplicación de un modelo físico. Para el análisis probabilístico, en cambio, se considera y cuantifica las variables importantes que describen el proceso sísmico (*i. e.* ubicación, magnitud), a partir de un catálogo sísmico histórico, que incluye diversas fuentes en un período de tiempo que puede ser de décadas a siglos. Esas variables son analizadas en conjunto para el cálculo de las probabilidades de aceleración del suelo producida por sismos futuros (Kramer 1996; Baker, Bradley y Stafford 2021). Por lo tanto, estas dos metodologías pueden proveer diferentes valores en diferentes períodos de retorno.

En la práctica, la evaluación probabilística de la amenaza sísmica es una de las bases para la elaboración de los códigos de construcción. Esta se aplica en zonas sísmicamente complejas, donde deben considerarse diversas fuentes sísmicas y el resultante movimiento de suelo que puede generarse en el sitio de estudio, junto con su probabilidad de ocurrencia (Beauval et al. 2014).

Se han realizado varios esfuerzos para identificar en el registro histórico (últimos 500 años) la fuente de sismos que causaron daños en la ciudad de Quito. Trabajos como los de Del Pino y Yepes (1990) y Egred (2009) muestran que la ciudad ha experimentado intensidades MSK¹ (Medvedev et al. 1963) en el rango VII-VIII al menos cinco veces. Estos sismos ocasionaron movimientos tan fuertes que los residentes de la época reportaron dificultades para mantenerse en pie, junto con grandes daños en casas e iglesias (Chatelain et al. 1999). El evento más destructivo, con una intensidad MSK de VIII (destrucción de edificios), se presentó en 1859, con una magnitud media de 7,2, estimada con base en el registro de intensidades, aunque hay dudas sobre su fuente (Beauval et al. 2010). Otros eventos destructivos en Quito fueron el sismo de Riobamba de 1767, con una magnitud media estimada en 7,6 y ubicado 160 km al sur de Quito, y el sismo de Ibarra de 1868, de magnitud media de 7,2, probablemente localizado 50 km al norte de Quito (Beauval et al. 2010, 2013).

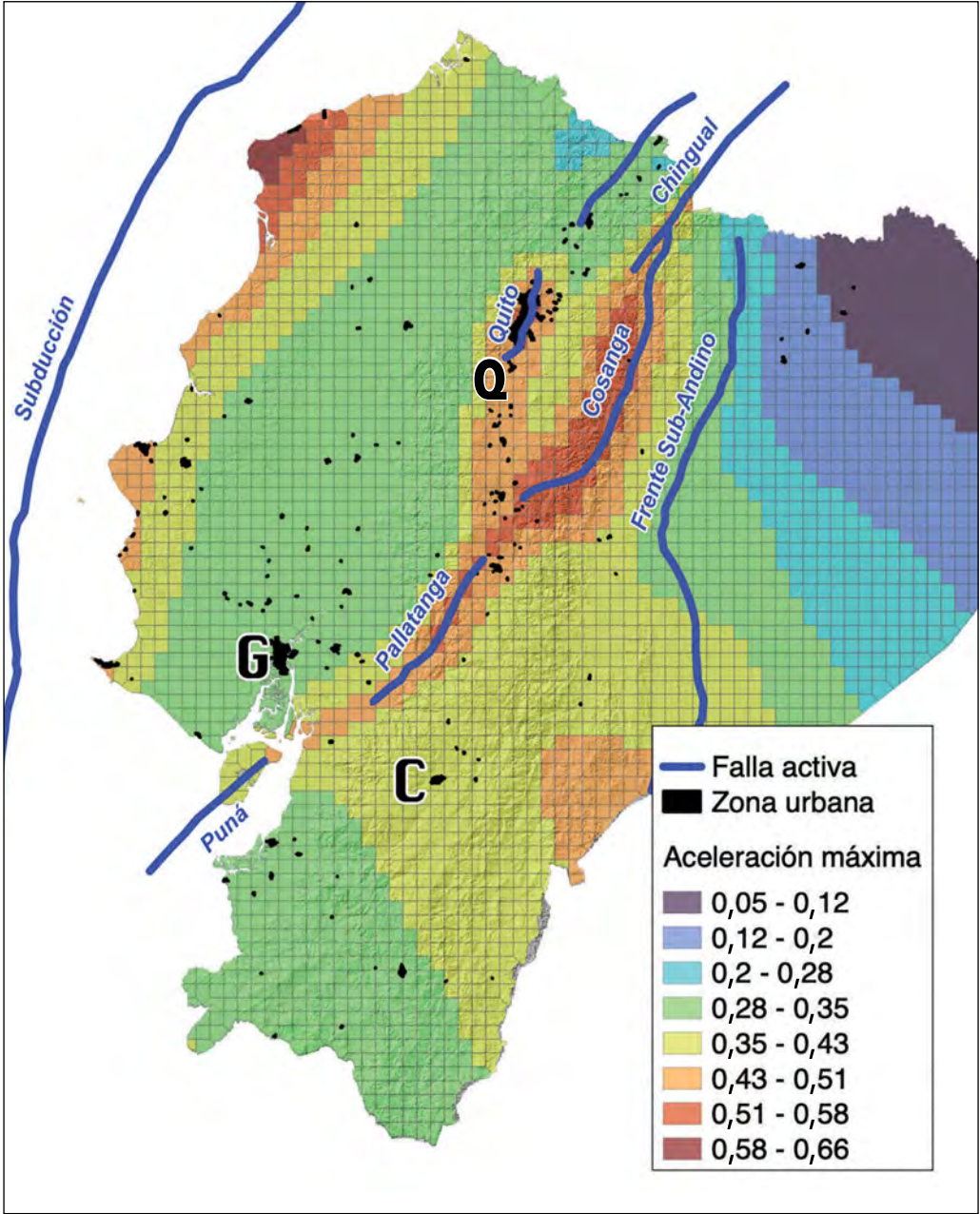
En los últimos 100 años no se han registrado grandes daños en la ciudad a causa de sismos. Sin embargo, los sismos recientes de mayor impacto han sido asociados con el sistema de fallas de Cosanga (sismo de Baeza, 1987, de magnitud 6,9), con la falla de Quito (sismo de Pomasqui, 1990, de magnitud 5,3 y sismo de Guayllabamba, 2014, de magnitud 5,1; Beauval et al. 2013) y con la zona de subducción (sismo de Pedernales, 2016, de magnitud 7,8; Nocquet et al. 2017).

Uno de los estudios de peligro sísmico más reciente fue publicado por Beauval et al. (2018), quienes compilaron información de varios siglos obtenida a partir de estudios históricos (Beauval et al. 2010, 2013) y la completaron con el análisis de los patrones de sismicidad recientes registrados por las estaciones permanentes de la Red Nacional de Sismógrafos (RENSIG) del IG-EPN (Alvarado et al. 2018). Este catálogo se comparó con la distribución de fallas activas y las medidas geodésicas realizadas por Alvarado (2012) y así se definió una zona sismotectónica (con un nivel de amenaza sísmica particular) para la ciudad de Quito, donde se calculó el peligro sísmico mediante análisis probabilístico (mapa 2.3). Los resultados presentados por los autores muestran que inclusive con la posibilidad de ocurrencia de megasismos (Magnitud > 8) en la zona de subducción, la fuente más notable de

¹ Escala Medvedev-Sponheuer-Karnik.

amenaza sísmica para la ciudad es el sistema de fallas de Quito (Beauval et al. 2014, 2018). Estos resultados concuerdan con los escenarios planteados por Chase et al. (2023), quienes estimaron que un sismo de magnitud 7 en el sistema de fallas de Quito provocaría una intensidad de sacudimiento de VIII en la escala modificada de Mercalli, que se describe como un “sismo destructivo”.

Mapa 2.3. Peligro sísmico del Ecuador



Fuente: Beauval et al. (2018).

Nota: obsérvese la ubicación de Quito donde se espera aceleraciones de 0,51 g con una probabilidad de 10 % anual para un período de 475 años. Q = Quito, G = Guayaquil, C = Cuenca. Los principales sistemas de fallas activas del Ecuador coinciden con las zonas de mayor aceleración esperada.

En sus cálculos, Beauval et al. (2018) obtuvieron que el valor de aceleración del suelo para la zona sismotectónica de Quito es de 0,4 g (equivalente al 40 % del valor de aceleración de la gravedad), con una probabilidad de excedencia del 10 % en un período de 50 años. Sin embargo, los autores advierten que este valor promedio puede tener gran variabilidad, y que fue estimado considerando un basamento de roca dura, por lo que es necesario tener en cuenta, en el futuro, los “efectos de sitio” existentes en la ciudad, que tiene un sustrato de sedimentos volcánicos jóvenes.

Los efectos de sitio son las modificaciones que sufren las ondas sísmicas una vez que atraviesan las capas más superficiales del subsuelo. Estos juegan un papel muy importante en la evaluación de las amenazas, porque las ondas sísmicas pueden ser amplificadas o atenuadas fuertemente justo antes de alcanzar la superficie, donde se encuentran las edificaciones y la infraestructura. En este contexto, entender la amplificación de las ondas sísmicas en Quito es esencial para complementar la evaluación de la amenaza sísmica. Los primeros intentos por caracterizar la variabilidad espacial por efectos de sitio ante un sismo en Quito fueron llevados a cabo por Chatelain et al. (1999) y Villacís et al. (1997), quienes zonificaron la respuesta del suelo con base en las características topográficas, además de información geotécnica de algunas perforaciones poco profundas. Sin embargo, Villacís et al. (1997) encontraron dos problemas principales al modelar la estructura del suelo, 1) los datos de las perforaciones no excedían los 10-15 m de profundidad y 2) los mapas geológicos disponibles de la región no proveían información suficiente para definir un modelo de la estructura del suelo hasta al menos los 30 metros de profundidad, que es lo óptimo para hacer estimaciones adecuadas de los efectos de sitio.

En un intento por determinar las frecuencias de amplificación de las ondas sísmicas en la ciudad de Quito, Guéguen et al. (2000) realizaron medidas de vibración sísmica ambiental en 673 puntos. Los autores observaron que las ondas se amplificaban entre 1-2 Hz en la mayoría de los sitios. Subsecuentemente, Alfonso-Naya et al. (2012) encontraron un pico de amplificación de baja frecuencia presente solo en la parte sur de la ciudad, en alrededor de 0,3 Hz. Poco después, este pico de amplificación fue confirmado por Laurendeau et al. (2017), quienes concluyeron que la respuesta sísmica varía entre la parte norte y sur de la ciudad. Esta diferencia, en el grado de amplificación de ondas sísmicas entre la parte norte y sur, fue reportada también por Courboux et al. (2022), quienes, sobre la base de simulaciones numéricas, confirmaron que un sismo generado en la zona de subducción del Pacífico de magnitud 8,4 – 8,8, similar al de 1906 (Yoshimoto et al. 2017), generaría una amplificación en las amplitudes de las ondas sísmicas en frecuencias de alrededor de 0,3 Hz en la zona sur de Quito.

Recientemente, la diferencia en la respuesta sísmica de la parte norte y sur de la ciudad fue explicada por Pacheco et al. (2022), quienes encontraron que la cobertura sedimentaria al sur es mayor que al norte, lo que ocasiona este pico de amplificación. Estos autores también presentaron perfiles de velocidad de las ondas S para el material de relleno del subsuelo, así como una geometría preliminar del basamento rocoso. Estos parámetros son fundamentales para entender la amplificación de ondas sísmicas en la cuenca de Quito.

Perspectivas futuras sobre la evaluación del peligro sísmico

El estudio detallado de los efectos de sitio en la ciudad de Quito, también conocido como microzonificación sísmica, aún no ha sido completado y debe ser una prioridad para el futuro cercano. Esta información es fundamental para una adecuada evaluación del riesgo en la ciudad, así como para la definición de mejores normas de construcción. El pico de aceleración máxima esperado de 0,4 g (Beauval et al. 2014) pone a Quito en un nivel de amenaza moderada. Sin embargo, este valor debe ser modificado en el futuro, tomando en cuenta ecuaciones de predicción de movimiento del suelo propias para la ciudad, incluyendo en el cálculo los efectos de sitio y la diferente respuesta sísmica que se observa para la zona norte y sur. Además, son necesarios estudios multidisciplinarios que caractericen el sistema de fallas de Quito y su cinemática, y que incluyan los efectos geométricos de tener una fuente sísmica en el campo cercano de la ciudad, ya que estos efectos ciertamente tendrán consecuencias directas en la distribución del daño en caso de un gran sismo destructivo.

Peligro volcánico

Durante los últimos 40 años se han realizado avances significativos en el conocimiento geológico de los volcanes que rodean a Quito, así como en la evaluación de sus amenazas, como resultado de lo cual la mayoría cuenta con mapas de peligros (tabla 2.1). Cabe señalar que estos estudios se han intensificado y profundizado a raíz de erupciones ocurridas en las últimas décadas, como las del Guagua Pichincha (1999-2001), Reventador (2002-en curso) y Cotopaxi (2015; 2022-2023), que tuvieron un impacto en la ciudad. De estos estudios se desprende que los volcanes de la cordillera Occidental (Pululahua, Guagua Pichincha y Atacazo-Ninahuilca) presentan dinamismos altamente explosivos, con erupciones que pueden alcanzar magnitudes importantes (VEI 4-5), pero con frecuencias eruptivas bajas, del orden de los siglos a milenios (Robin et al. 2008; Hidalgo et al. 2008; Volentik et al. 2010; Andrade et al. 2021). Por el contrario, los volcanes ubicados en la cordillera

Oriental (Cayambe, Antisana, Cotopaxi y Reventador) presentan erupciones con magnitudes variables (VEI 2-4), es decir desde poco hasta altamente explosivas, y frecuencias eruptivas mucho mayores, del orden de las décadas (Barberi et al. 1995; Samaniego et al. 1998; Bourdon et al. 1999; Hall y Mothes 2007; Samaniego et al. 2008; Pistolesi et al. 2011).

Tabla 2.1. Resumen de los mapas de peligros volcánicos de interés para Quito

Volcán	Fenómenos volcánicos representados	VEI de los escenarios representados	Recurrencia	Referencias
Pululahua	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Domos de lava - Flujos de lodo y escombros	4 - 5	siglos-milenios	Hall y Von Hillebrandt (1988a)
Guagua Pichincha	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Domos de lava - Flujos de lodo y escombros	4 - 5	siglos	Mothes et al. (2019) IG-EPN (1999) Hall y Von Hillebrandt (1988b)
Atacazo Ninahuilca	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Domos de lava - Flujos de lodo y escombros	4 - 5	siglos-milenios	Hall y Maruri (1992)
Nevado Cayambe	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Domos de lava - Flujos de lodo y escombros	2 - 4	siglos (+20 erupciones durante los últimos 4000 años)	Samaniego et al. (2002)
Cotopaxi	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Flujos de lava - Flujos de lodo y escombros	2 - 4	décadas-siglos	Vásconez et al. (2017) Mothes et al. (2016a) Mothes et al. (2016b) Hall et al. (2004a, 2004b) Hall y Von Hillebrandt (1988c, 1988d) Miller, Mullineaux y Hall (1978)
Antisana	- Caídas de ceniza - Flujos de lava - Flujos de lodo y escombros	2 - (?)	siglos-milenios	Hall, Beate y Von Hillebrandt (1989)
Reventador	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Flujos de lava - Flujos de lodo y escombros	2 - 4	décadas	Bourquin et al. (2011)
Sumaco	- Flujos piroclásticos - Caídas de ceniza - Flujos de lava - Flujos de lodo y escombros	2 - 4	siglos (?)	Salgado Loza et al. (2022)

La evaluación de los peligros volcánicos reposa en dos pilares complementarios. Por un lado, se debe identificar de forma cuantitativa y detallada los fenómenos que pueden ocurrir durante las erupciones de un volcán, en especial su frecuencia, magnitud y alcance (cartografía), desde un punto de vista geológico. Por otro lado, se debe contar con modelos físico-matemáticos que representen el fenómeno con el fin de reproducirlo digitalmente (modelos numéricos) a través de procesos computarizados. Con respecto al primer pilar, las investigaciones de campo y laboratorio de los depósitos de las erupciones pasadas sirven como base para la caracterización de los dinamos eruptivos, así como la determinación de la magnitud de las erupciones pasadas, mientras que el análisis cronoestratigráfico de la historia reciente de un volcán permite definir la frecuencia de dichas erupciones. De esta manera se pueden definir cuantitativamente diferentes escenarios eruptivos, con sus probabilidades basadas en períodos de recurrencia establecidos (*i. e.* décadas o siglos). Esta información representa datos de entrada para los modelos numéricos, los cuales producen zonificaciones del peligro, las mismas que incluyen los parámetros físicos del fenómeno y sus probabilidades de ocurrencia. Estas zonificaciones conforman la parte medular de los mapas de peligros volcánicos.

Para el DMQ se identifican principalmente dos fenómenos volcánicos que representan mayor peligro: 1) la caída de ceniza y piroclastos, y 2) los flujos de lodo y escombros (lahares). Debido a que la gran mayoría de volcanes vecinos a Quito presentan dinamos explosivos, la caída de ceniza y piroclastos puede cubrir gran parte de su territorio con capas cuyo espesor en un punto cualquiera depende de la distancia del volcán (a mayor distancia, menor espesor esperado), la magnitud de la erupción (a mayor magnitud, mayor acumulación) y la dirección de los vientos dominante en el momento de la erupción. Los escenarios de peligro por caída de ceniza para el DMQ se definen gracias al conocimiento detallado de los volcanes de interés (tabla 2.1). Así, por ejemplo, por su frecuencia eruptiva, el Reventador y el Cotopaxi son los volcanes que mayores probabilidades tienen de producir caídas de ceniza en el DMQ. Sin embargo, por la magnitud de las erupciones ocurridas en el pasado, los volcanes de la cordillera Occidental, en particular el Guagua Pichincha, son los que pueden depositar los espesores más importantes de piroclastos en Quito.

En lo que respecta a los flujos de lodo y escombros (lahares), estos fenómenos son recurrentes ya sea durante o después de una erupción volcánica, e incluso en laderas de volcanes extintos. Debido a su enorme casquete glaciar, se conoce que, durante las grandes erupciones del Cotopaxi de 1744, 1768 y 1877, se produjeron lahares que afectaron al Valle de Los Chillos a

través del drenaje de los ríos Pita y Santa Clara (Mothes et al. 2004). Con respecto a los flujos de escombros producidos por lluvias (llamados también “lahares secundarios”), en el caso de Quito, estos fenómenos son analizados tanto desde la perspectiva vulcanológica como desde los movimientos en masa.

La metodología presentada anteriormente ha permitido la zonificación de las amenazas y la elaboración de los mapas correspondientes para la gran mayoría de volcanes que afectan a Quito (tabla 2.1). La primera generación de mapas de peligro volcánico fue elaborada en la década de los ochenta, y está basada principalmente en el conocimiento geológico de la época, ya que no se contaba con modelos numéricos para simular los escenarios eruptivos. Desde entonces, los conocimientos sobre cada volcán han ido mejorando, así como la capacidad de producir modelos numéricos de los fenómenos para realizar la zonificación. Por ejemplo, volcanes como el Guagua Pichincha y el Cotopaxi cuentan con varias versiones de sus respectivos mapas de peligro, y se han producido mapas para algunos volcanes poco estudiados en el pasado, como el Reventador. En la actualidad, los investigadores se encuentran elaborando una nueva generación de mapas de peligro que incluyen 1) la utilización de métodos de “elicitación de expertos”, que consiste en la conformación de un panel de especialistas a quienes se les pregunta de forma anónima sobre los principales parámetros usados para la definición de los escenarios eruptivos (Tadini et al. 2021); y 2) la identificación y cuantificación de las incertidumbres intrínsecas a los fenómenos estudiados y los métodos utilizados (Tadini et al. 2022).

Perspectivas futuras sobre la evaluación del peligro volcánico

Desafortunadamente, los mapas de peligro volcánico producidos durante las últimas dos décadas han sido muy poco utilizados en los procesos de planificación territorial a largo plazo o para la toma de decisiones orientadas a la reducción del riesgo. Su uso más común ha sido como instrumentos que ayudan a la preparación de planes de respuesta a crisis volcánicas en marcha, como sucedió con las erupciones del Guagua Pichincha, en 1999, y del Cotopaxi, en 2015 y 2022-23. Aparte de la falta de decisión política, las principales barreras para el uso adecuado de los mapas son la complejidad que suelen tener la zonificación del peligro y el significado de los fenómenos en el mapa, así como las dificultades de comprensión que pueden acompañar a la información probabilística.

En el futuro, el objetivo primordial sigue siendo que el conocimiento sobre los procesos y peligros volcánicos sea de uso común en la sociedad quiteña, y que así se vuelva consciente de que los riesgos se derivan del propio desarrollo de la ciudad y no de procesos de la naturaleza. Esto implica probar nuevas formas de difundir la información sobre peligros volcánicos. Sin

embargo, este proceso no está exento de dificultades, pues estos documentos son cada vez más complejos por la cantidad de información que incluyen, así como por el carácter probabilístico de los mismos. En particular, se debe lograr una mejor concordancia entre la búsqueda de una mayor exactitud/precisión (menor incertidumbre) y la complejidad de los mapas para un uso óptimo en la toma de decisiones. Así mismo, es fundamental homogenizar el proceso de elaboración de los mapas en lo referente a los períodos de retorno de los escenarios representados, pero también en cuanto a las metodologías usadas para la zonificación, el soporte utilizado (papel vs. digital), el público al que están dirigidos y las opciones de interactividad.

Peligro por movimientos en masa

Los movimientos en masa son desplazamientos ladera abajo de suelo, roca o materiales orgánicos, por efecto de la gravedad y la pendiente del terreno (Hung, Leroueil y Picarelli 2014; Highland y Bobrowsky 2008). Son parte de los procesos geológicos exógenos que intervienen en la modelación y evolución del paisaje (Egholm, Knudsen y Sandiford 2013) y ocurren especialmente en zonas montañosas de alto relieve, formadas por tectonismo y/o volcanismo activos y con fluctuación climática (Keefer 1984; Hermanns y Strecker 1999).

En el caso de Quito, las lomas de Bellavista-Catequilla, Ilumbisí-La Bota, Puengasí y El Tablón, alargadas en dirección N-S, corresponden a relieves formados por la actividad tectónica de la falla de Quito (mapa 2.2). Estas colinas presentan mayores pendientes hacia sus flancos orientales, donde, además, se observa mayor incisión fluvial, todo lo que seguramente contribuyó al disparo de grandes paleodeslizamientos en el Holoceno Medio, entre 8000 y 4000 años antes del presente (Jiménez Álvaro 2023). Por otro lado, extensas laderas de origen volcánico propensas a movimientos en masa corresponden a los volcanes Pululahua, Casitahua, Pichincha, Atacazo-Ninahuilca e Ilaló. En la actualidad, decenas de barrios formales e informales del área metropolitana de Quito se asientan sobre estas laderas de origen tectónico y volcánico, donde generalmente en épocas de lluvia se observa la ocurrencia frecuente de pequeños movimientos en masa con volúmenes de entre 5000 y 50 000 m³, por la reactivación de antiguos depósitos coluviales.

Los factores que controlan la generación de movimientos en masa se dividen en condicionantes y desencadenantes. Los primeros están dados por las propiedades físicas de las rocas y los suelos, su microestructura, la morfología (pendiente de la ladera, forma del relieve), las características estructurales, hidrológicas y la vegetación que cubre la ladera (Suárez 2009). Dentro de los factores condicionantes es importante considerar procesos agravantes, los cuales, en el transcurso del tiempo, reducen la resistencia de

las rocas y suelos, como son la meteorización, las fluctuaciones climáticas y la deformación tectónica (Gutiérrez Elorza 2008).

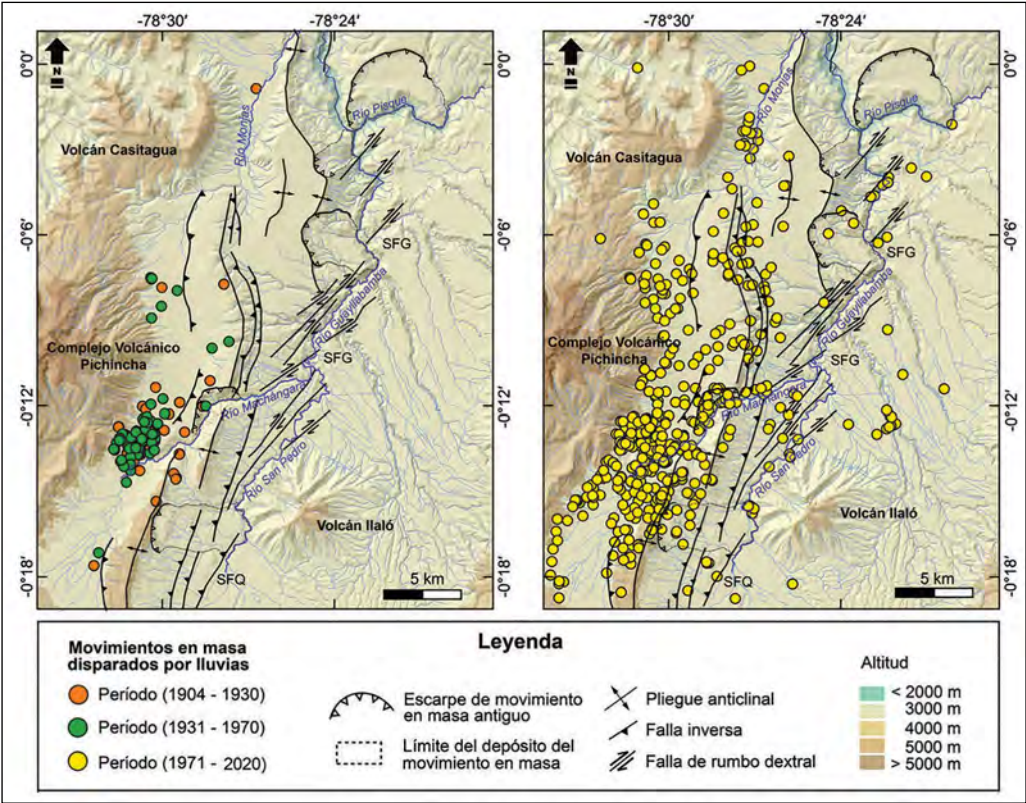
Los factores desencadenantes se relacionan con las fuerzas que pueden generar inestabilidad en una ladera, como eventos sísmicos, lluvias intensas, erosión fluvial y sobrecarga (Suárez 2009). En el estudio de los movimientos en masa en zonas urbanas, además, es fundamental integrar las interacciones antrópicas que pueden reducir la resistencia de los suelos y las rocas, cambiando el estado de los factores condicionantes e incrementando la exposición de la población. En Quito han ocurrido grandes sismos, como los de Guayllabamba de 1587 (magnitud 6,4), Quito de 1859 (magnitud 7,2) y Antisana de 1914 (magnitud 6,4), que provocaron grietas, hundimientos en las laderas y grandes deslizamientos de cerros y lomas (Beauval et al. 2010). Eventos más recientes asociados a ramales del segmento norte del sistema de fallas inversas de Quito, como el sismo de 1990 de Pomasqui (Mw 5,3), el sismo de 2011 (Mw 4,0) y el sismo de 2014 (Mw 5,1), provocaron caídas de rocas en las canteras de Pomasqui, caídas y derrumbes de suelos y rocas en taludes verticales a lo largo de varias vías del norte y este de la ciudad, así como derrumbes y deslizamientos en los taludes a lo largo del río Monjas.

En cuanto a los movimientos en masa disparados por lluvias, se ha levantado una base de datos que contiene 752 eventos de entre 1904 y 2020 (Peltre 1989; Proyecto Tomorrow's Cities²). Del total de sucesos, 592 corresponden a deslizamientos, derrumbes y caídas, 86 a aluviones o flujos de escombros y 74 a hundimientos o subsidencias del terreno. En el mapa 2.4 se muestra su ubicación y relación con los períodos de crecimiento urbano de Quito, se puede ver que el 60 % de los eventos se produjo en el período de 1971 a 2020. Estos eventos pueden ser catalogados como pequeños a muy pequeños (volumen entre 500 y 5000 m³), pero también han ocurrido eventos desastrosos como los recientes aluviones del barrio El Pinar, en 2019, y de La Gasca, en 2022.

Las condiciones morfológicas y climáticas de Quito también han determinado la costumbre de rellenar las quebradas y drenajes desde el siglo XVIII, con el objetivo de ampliar el espacio urbano, lo que no se ha podido controlar socialmente (Metzger y Peltre 1996). Según el estudio de Taipe Singo (2022), en la microcuenca del río Machángara se determinó que el 77,4 % de los 522 movimientos en masa ocurridos entre 1904 y 2020 se localizaron en drenajes que fueron rellenados (mapa 2.4). Por otro lado, en la microcuenca del río Monjas, donde el crecimiento urbano se aceleró apenas desde 1970, solamente se dispararon 86 movimientos en masa en el período 1904-2020, de los cuales el 53 % se localiza en drenajes rellenados (Espinosa 2022). Estos datos dan cuenta de la influencia de las actividades antrópicas en la ocurrencia de movimientos en masa en Quito.

² <https://tomorrowscities.org/tomorrows-quito>

Mapa 2.4. Movimientos en masa ocurridos en el DMQ



Fuente: Jiménez Álvaro (2023).
Nota: ocurridos entre 1904 y 2020 y su relación con los periodos de crecimiento urbano.

Métodos de estudio y evaluación del peligro por movimientos en masa

Dentro de la investigación de los movimientos en masa se han desarrollado varias metodologías que integran los factores condicionantes y desencadenantes en función de los objetivos del estudio. El análisis de los factores condicionantes permite elaborar mapas de susceptibilidad, mapas de inventario y análisis de estabilidad estático de laderas con el cálculo de un factor de seguridad. La generación de mapas de amenaza y análisis de estabilidad dinámico de laderas requiere la integración de los factores desencadenantes, que en el caso de los eventos sísmicos y de lluvia incorporan una probabilidad de ocurrencia. En la tabla 2.2 se muestra una síntesis de los métodos, en función de la escala territorial, que pueden ser implementados dentro de la investigación de los movimientos en masa en zonas urbanas.

Tabla 2.2. Metodologías, datos y políticas para la investigación de movimientos en masa en zonas urbanas

Escala	Métodos	Datos	Políticas
Global - Nacional	Mapas de susceptibilidad y de inventario basados en SIG, o mapas de peligro simples	Imágenes satelitales, sensores remotos, información nacional	Formulación de políticas, planes y proyectos con financiamiento estatal
Regional	Mapas de peligro con umbrales de disparo (empírico-estadísticos) por lluvias y/o sismos	Combinaciones de capas de información en SIG (geología, geomorfología, etc.), modelos digitales de elevación	Zonificación del riesgo y planificación territorial. Sistemas de alerta temprana
Ciudad	Cartografía y clasificación de amenazas y riesgo por expertos	Inventario de MM asociados y discriminados por tipología y causa de disparo	Normas y políticas para la construcción. Infraestructura resiliente a movimientos en masa
Laderas y taludes	Análisis de estabilidad y diseño de taludes	Estudios estratigráficos y perfiles topográficos de laderas	Acciones comunitarias, estudios y obras de ingeniería para la mitigación de la amenaza y reducción del riesgo
Escala de vivienda, construcción o sitio específico	Modelos geológicos y geotécnicos detallados	Datos geotécnicos de laboratorio	

Fuente: Tomorrow's Cities Decision Support Environment Work Package 3.

Los estudios actuales de la susceptibilidad por movimientos en masa en Quito se han realizado a través del análisis estadístico basado en sistemas de información geográfica. En este tipo de análisis, la susceptibilidad se obtiene a través de operaciones sencillas entre los factores condicionantes. Algunos ejemplos recientes de estas zonificaciones de susceptibilidad, utilizando el método estadístico bivariado, son los trabajos de Robalino y Pullas (2018). La cartografía de susceptibilidad a deslizamientos utilizando técnicas de evaluación lógica difusa y criterios múltiples aplicada a Quito fue realizada por Salcedo et al. (2018), mientras que la cartografía de susceptibilidad obtenida a través de regresión logística y análisis de sensibilidad fue obtenida por Puente-Sotomayor, Mustafa y Teller (2021). En cuanto a los mapas de inventario de movimientos en masa, se han realizado varios trabajos, unos basados en técnicas de fotointerpretación, como el de Jaya (2013), y otros a través de la recopilación de eventos pasados de varias fuentes de información, como la base de datos de eventos morfoclimáticos de Quito entre 1900 y 2020 (Proyecto Tomorrow's Cities).

En relación con los estudios de amenaza realizados en la ciudad de Quito, se han desarrollado investigaciones de la amenaza de deslizamientos inducidos por sismos, en las cuales se integra la aceleración crítica que se requiere para que se exceda el equilibrio estático de una ladera. Estas han sido aplicadas en el análisis de estabilidad de las laderas suroccidentales y surorientales de la ciudad de Quito (Zapata 2018). Por otra parte, el mode-

lo de simulación numérica de deslizamientos, flujos de lodo y escombros CHASM (*Combined Hydrological and Stability Model*), desarrollado por la Universidad de Bristol (Reino Unido),³ permite realizar el modelamiento de la ruptura de una ladera por métodos estocásticos, integrando la lluvia como factor desencadenante (Anderson y Howes 1985; Holcombe et al. 2016). Este modelo calcula la infiltración del agua de lluvia para estimar un factor de seguridad dinámico, e incorpora otras variables como la evapotranspiración, la conductividad hidráulica, la influencia de la vegetación y la carga superficial. Además, estas simulaciones se han aplicado en estudios de caso en la ciudad de Quito, como el del barrio San Luis de Miravalle (Zapata et al. 2023).

Perspectivas futuras sobre la evaluación del peligro por los movimientos en masa

Es de esperar que el cambio climático produzca nuevas inestabilidades dentro del equilibrio dinámico de los procesos geológicos superficiales, entre los cuales se cuentan los movimientos en masa y que pueden definirse para períodos de tiempo de las décadas a los siglos (Gutiérrez Elorza 2008). En la actualidad, las inestabilidades se producen en tiempos cortos relacionados con cambios bruscos, no solo en relación con el clima, sino debido a transformaciones en el medio físico por una inadecuada ocupación del territorio asociada con el crecimiento urbano (Estacio y Rodríguez 2012). Ejemplos muy actuales son los procesos de subsidencia ocurridos en el barrio de Solanda a partir de 2015 y los procesos de erosión regresiva en la cuenca del río Monjas.

El crecimiento urbano de Quito ha acelerado la frecuencia de ocurrencia de los movimientos en masa, y esta realidad debería promover la creación de políticas públicas para la construcción de una ciudad resiliente. Las políticas deben centrarse en planes de manejo del territorio, especialmente en las zonas de laderas con alta pendiente que rodean la ciudad y los sistemas de quebradas; se debería implementar sistemas de monitoreo y alerta con la participación de instituciones públicas, privadas, la academia y la acción comunitaria. Es interesante citar como ejemplo el programa Guardianas de las Laderas, que se ha desarrollado en la ciudad de Manizales, Colombia, desde el año 2003. Esta iniciativa tiene como objetivo generar conciencia en la comunidad sobre la importancia del adecuado manejo de las laderas a través de acciones de mantenimiento y monitoreo, para la reducción de impactos por movimientos en masa (Mejía Prieto, Giraldo Valencia y Trujillo Gálvez 2006).

³ <https://www.bristol.ac.uk/geography/research/hydrology/models/chasm/>

La ocurrencia de amenazas naturales puede ser vigilada (o “monitoreada”) mediante instrumentos de medida, los cuales pueden mostrar sus signos precursores o el propio proceso físico de la amenaza en marcha. En el caso de los sismos y terremotos, la ciencia aún no ha conseguido determinar algún parámetro que pueda ser medido e identificado unívoca y sistemáticamente como precursor (modelo determinístico), si bien algunas propuestas existen desde hace décadas (Helman 2020; Bulusu et al. 2023). Por desgracia, son más notables los casos en los cuales los intentos de predicción de terremotos han resultado un fracaso (Yepes et al. 2020). Los sismos solamente pueden ser identificados y medidos con precisión en el momento en que ocurren y a posteriori.

Por otro lado, las erupciones volcánicas y los movimientos en masa suelen presentar signos precursores que pueden ser medidos de manera exitosa antes de la ocurrencia de la amenaza. La sismicidad, la deformación de la superficie y los cambios geoquímicos en las emanaciones gaseosas de un volcán son los parámetros precursores que ayudan a anticipar la cercanía de una erupción.⁴ En cuanto a los movimientos en masa, el único precursor y disparador cuantificable es la ocurrencia de lluvias, por lo que las medidas incluyen la precipitación en tiempo real y con alta resolución temporal (horas o minutos) y el nivel de saturación de agua de los suelos.

Sin embargo, la interpretación de las medidas de los parámetros precursores con el fin de realizar una evaluación del peligro (pronóstico) a corto plazo es una tarea compleja, que requiere del trabajo conjunto de equipos multidisciplinarios especializados, soportados por sistemas tecnológicos de alto nivel. El objetivo de la evaluación del peligro a corto plazo es apoyar la toma de decisiones para una adecuada ejecución de planes de respuesta a la emergencia o dar inicio a sistemas de alerta temprana con el fin de reducir el riesgo.

El IG-EPN tiene el mandato oficial de producir evaluaciones de la amenaza a corto plazo relacionada con sismos y erupciones volcánicas (Ramon et al. 2021; Hidalgo et al. 2023). Para el caso de Quito, estas evaluaciones incluyen cualquier fuente que genere sismos que sean sentidos en la ciudad, así como los volcanes activos vecinos a Quito cuya actividad pueda generar algún impacto, es decir el Guagua Pichincha, Atacazo-Ninahuilca, Pululahua, Cotopaxi, Reventador y Cayambe.⁵ Con respecto a los movimientos en masa,

⁴ Para ver ejemplos, revisar los sitios web de Smithsonian Institution, World Organization of Volcano Observatories (WOVO).

⁵ Los informes periódicos correspondientes a la evaluación (monitoreo) de las amenazas sísmicas y volcánicas a corto plazo pueden ser revisados en el sitio web del IG-EPN: www.igepn.edu.ec, así como a través de las redes sociales de mayor uso.

el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), en conjunto con el MDMQ, se encuentran implementando un proyecto para la investigación de estos fenómenos y la generación de un sistema de alerta temprana para la ciudad.

Conclusiones

La evaluación de los peligros geológicos en Quito se ha desarrollado de manera consistente durante las últimas cuatro décadas, bajo el marco conceptual de la Tectónica de Placas. Estos estudios han incluido los sismos, las erupciones volcánicas y los movimientos en masa, y han seguido las principales tendencias internacionales en esos sujetos de investigación. En la actualidad, la evaluación de los peligros geológicos se realiza desde dos perspectivas temporales: a largo plazo, con el objetivo de apoyar la planificación y el desarrollo territorial, y a corto plazo, con el objetivo de apoyar la respuesta a emergencias.

La evaluación de los peligros geológicos a largo plazo ha producido diferentes tipos de información, en particular los mapas donde se muestra la zonificación de las amenazas que pueden impactar a Quito. Para su elaboración se han utilizado enfoques determinísticos y probabilísticos. Los mapas más antiguos corresponden a los peligros volcánicos, publicados desde los años ochenta, que tienen zonificaciones determinísticas, mientras que los más recientes incluyen al menos un análisis probabilístico parcial, si bien existen mapas formalmente probabilísticos que contienen cuantificaciones de la incertidumbre. En el futuro se espera afinar la resolución de los mapas, así como su formato de presentación.

La evaluación del peligro sísmico y volcánico a corto plazo (vigilancia y monitoreo de las amenazas) se ha venido realizando desde hace varias décadas y se encuentra oficialmente establecido como una de las actividades del IG-EPN. La evaluación del peligro por movimientos en masa a corto plazo se encuentra en un estado inicial, con la identificación de las zonas prioritarias y el establecimiento de una red de monitoreo instrumental.

En general, la evaluación de los peligros geológicos debería realizarse dentro de un marco de gestión y reducción del riesgo de desastres. Para ello, es necesario que los cálculos de peligro se orienten a ser conjugados de manera adecuada con las medidas de vulnerabilidades físicas y socioeconómicas, con el fin de producir estimaciones de impacto útiles para la toma de decisiones. Es de esperarse que ese proceso sea coordinado por el Municipio de Quito, con el apoyo de la Secretaría de Gestión de Riesgos, bajo un enfoque de desarrollo sustentable, inclusivo y justo.

- Alfonso-Naya, V., Francoise Courboux, Fabián Bonilla, Mario C. Ruiz y Martin Vallée. 2012. "A Large Earthquake in Quito (Ecuador): Ground Motion Simulations and Site Effects". *5th World Conf. on Earthquake Engineering* 4475: 10. https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_4475.pdf
- Allègre, C. J., E. Lewin y B. Dupré. 1988. "A coherent crust-mantle model for the uranium-thorium-lead isotopic system". *Chemical Geology* 70: 211-34. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(88\)90094-0](https://doi.org/10.1016/0009-2541(88)90094-0)
- Alvarado, A., L. Audin, J. M. Nocquet, E. Jaillard, P. Mothes, P. Jarrín, M. Segovia, F. Rolandone y D. Cisneros. 2016. "Partitioning of Oblique Convergence in the Northern Andes Subduction Zone: Migration History and the Present-Day Boundary of the North Andean Sliver in Ecuador". *Tectonics* 35 (5): 1048-65. <https://doi.org/10.1002/2016TC004117>
- Alvarado, A., L. Audin, J. M. Nocquet, S. Lagreulet, M. Segovia, Y. Font, G. Lamarque, et al. 2014. "Active Tectonics in Quito, Ecuador, Assessed by Geomorphological Studies, GPS Data, and Crustal Seismicity". *Tectonics* 33 (2): 67-83. <https://doi.org/10.1002/2012TC003224>
- Alvarado, Alexandra, Mario Ruiz, Patricia Mothes, Hugo Yepes, Mónica Segovia, Mayra Vaca, Cristina Ramos, et al. 2018. "Seismic, Volcanic, and Geodetic Networks in Ecuador: Building Capacity for Monitoring and Research". *Seismological Research Letters* 89 (2A): 432-39. <https://doi.org/10.1785/0220170229>
- Alvarado, Alexandra. 2012. "Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur". Phdthesis, Université de Grenoble. <https://theses.hal.science/tel-00870332>
- Anderson, M. G., y S. Howes. 1985. "Development and application of a combined soil water-slope stability model". *Quarterly Journal of Engineering Geology* 18 (3): 225-36. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1985.018.03.04>
- Andrade, S. Daniel, Anais Vásquez Müller, Francisco J. Vasquez, Bernardo Beate, Jorge Aguilar y Santiago Santamaría. 2021. "Pululahua dome complex, Ecuador: eruptive history, total magma output and potential hazards". *Journal of South American Earth Sciences* 106 (marzo): 103046. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103046>
- Bablon, Mathilde, Xavier Quidelleur, Pablo Samaniego, Jean-Luc Le Pennec, Laurence Audin, Hervé Jomard, Stéphane Baize, Céline Liorzou, Silvana Hidalgo y Alexandra Alvarado. 2019. "Interactions between volcanism and geodynamics in the southern termination of the Ecuadorian arc". *Tectonophysics* 751 (enero): 54-72. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.010>

- Bablon, Mathilde, Xavier Quidelleur, Pablo Samaniego, Jean-Luc Le Pennec, Santiago Santamaría, Céline Liorzou, Silvana Hidalgo y Bastien Eschbach. 2020. "Volcanic History Reconstruction in Northern Ecuador: Insights for Eruptive and Erosion Rates on the Whole Ecuadorian Arc". *Bulletin of Volcanology* 82 (1): 11. <https://doi.org/10.1007/s00445-019-1346-1>
- Baize, Stéphane, Laurence Audin, Alexandra Alvarado, Hervé Jomard, Mathilde Bablon, Johann Champenois, Pedro Espin, Pablo Samaniego, Xavier Quidelleur y Jean-Luc Le Pennec. 2020. "Active Tectonics and Earthquake Geology Along the Pallatanga Fault, Central Andes of Ecuador". *Frontiers in Earth Science* 8 (junio): 193. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00193>
- Baker, Jack, Brendon Bradley y Peter Stafford. 2021. *Seismic Hazard and Risk Analysis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108425056>
- Barberi, F., M. Coltelli, G. Ferrara, F. Innocenti, J. M. Navarro y R. Santacroce. 1988. "Plio-Quaternary volcanism in Ecuador". *Geological Magazine* 125: 1-14. doi:10.1017/S0016756800009328
- Barberi, F., M. Coltelli, A. Frullani, M. Rosi y E. Almeida. 1995. "Chronology and Dispersal Characteristics of Recently (Last 5000 Years) Erupted Tephra of Cotopaxi (Ecuador): Implications for Long-Term Eruptive Forecasting". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 69 (3-4): 217-39. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(95\)00017-8](https://doi.org/10.1016/0377-0273(95)00017-8)
- Beauval, C., J. Marinière, H. Yepes, L. Audin, J. M. Nocquet, A. Alvarado, S. Baize, J. Aguilar, J. C. Singaicho y H. Jomard. 2018. "A New Seismic Hazard Model for Ecuador". *Bulletin of the Seismological Society of America* 108 (3A): 1443-64. <https://doi.org/10.1785/0120170259>
- Beauval, Céline, Hugo Yepes, Laurence Audin, Alexandra Alvarado, Jean-Mathieu Nocquet, Damiano Monelli y Laurentiu Danciu. 2014. "Probabilistic Seismic-Hazard Assessment in Quito, Estimates and Uncertainties". *Seismological Research Letters* 85 (6): 1316-27. <https://doi.org/10.1785/0220140036>
- Beauval, Céline, Hugo Yepes, Pablo Palacios, Monica Segovia, Alexandra Alvarado, Yvonne Font, Jorge Aguilar, Liliana Troncoso y Sandro Vaca. 2013. "An Earthquake Catalog for Seismic Hazard Assessment in Ecuador". *Bulletin of the Seismological Society of America* 103 (2A): 773-86. <https://doi.org/10.1785/0120120270>
- Beauval, Céline, Hugo Yepes, William H. Bakun, José Egred, Alexandra Alvarado y Juan Carlos Singaicho. 2010. "Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587-1996)". *Geophysical Journal International* 181 (3): 1613-33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04569.x>

- Bercovici, David. 1998. "Generation of plate tectonics from lithosphere-mantle flow and void-volatile self-lubrication". *Earth and Planetary Science Letters* 154: 139-51.
- 2003. "The generation of plate tectonics from mantle convection". *Earth and Planetary Science Letters* 205 (3): 107-21.
[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(02\)01009-9](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)01009-9)
- Bourdon, Erwan, Jean-Philippe Eissen, Joseph Cotten, Michel Monzier, Claude Robin y Minard L. Hall. 1999. "Les laves calco-alcalines et à caractère adakitique du volcan Antisana (Equateur) Hypothèse pétrogénétique". *Académie des Sciences* 328: 443-49.
[https://doi.org/10.1016/S1251-8050\(99\)80144-X](https://doi.org/10.1016/S1251-8050(99)80144-X)
- Bourquin, Julie, Pablo Samaniego, Patricio Ramon, C. Bonadonna, Karim Kelfoun, S. Vallejo Vargas, Minard L. Hall, Patricia A. Mothes, Jean-Luc Le Pennec y Hugo Yepes. 2011. "Mapas de los Peligros Potenciales del Volcán Reventador". Quito.
- Bulusu, Jayashree, Kusumita Arora, Shubham Singh y Anusha Edara. 2023. "Simultaneous Electric, Magnetic and ULF Anomalies Associated with Moderate Earthquakes in Kumaun Himalaya". *Natural Hazards* 116 (3): 3925-55. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05844-y>
- Chase, Robert E., Kishor S. Jaiswal, Alejandro Calderon, Hugo Yepes, Loren Goddard y Catalina Yepes-Estrada. 2023. "Earthquake Scenarios for Quito, Ecuador; Cali, Colombia; and Santiago De Los Caballeros, Dominican Republic". *Seismological Research Letters* 94 (5): 2360-72.
<https://doi.org/10.1785/0220220249>
- Chatelain, J. L., B. Tucker, B. Guillier, F. Kaneko, H. Yepes, J. Fernandez, J. Valverde, et al. 1999. "Earthquake Risk Management Pilot Project in Quito, Ecuador". *Geojournal* 49 (2): 185-96. <https://doi.org/10.1023/A:1007079403225>
- Courboux, Françoise, David Alejandro Castro-Cruz, Aurore Laurendeau, Luis Fabian Bonilla, Alexandra Alvarado y Etienne Bertrand. 2022. "Ground Motion Simulations in Quito (Ecuador) Due to Major Earthquakes from the Subduction Zone". *Geophysical Journal International* 229 (3): 2192-2208.
<https://doi.org/10.1093/gji/ggac044>
- Del Pino, Inés, y Hugo Yepes. 1990. "Apuntes para una historia sísmica de Quito. Centro Histórico de Quito. Problemática y perspectivas". Quito: Dirección de Planificación, Ilustre Municipio de Quito.
- Egholm, David L., Mads F. Knudsen y Mike Sandiford. 2013. "Lifespan of Mountain Ranges Scaled by Feedbacks between Landsliding and Erosion by Rivers". *Nature* 498 (7455): 475-78.
<https://doi.org/10.1038/nature12218>
- Ego, Frédéric, Michel Sébrier, Alain Lavenue, Hugo Yepes y Arturo Egues. 1996. "Quaternary state of stress in the Northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes". *Tectonophysics, Geodynamics of The Andes* 259 (1): 101-16. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(95\)00075-5](https://doi.org/10.1016/0040-1951(95)00075-5)

- Egred, José. 2009. "Terremotos del Ecuador". Vol. 2. Escuela Politécnica Nacional, Instituto Geofísico. Reporte interno.
- Espinosa, T. 2022. "Estudio de los movimientos en masa como eventos morfoclimáticos en el periodo 1900 a 2020 sector norte del Distrito Metropolitano de Quito". Tesis de licenciatura.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22841>
- Estacio, Jairo, y Gabriela Rodríguez. 2012. "Los eventos morfoclimáticos en el DMQ: Una construcción social y recurrente". *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 11: 73-99.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.11.2012.917>
- Fiorini, Emilia, y Alessandro Tibaldi. 2012. "Quaternary Tectonics in the Central Interandean Valley, Ecuador: Fault-Propagation Folds, Transfer Faults and the Cotopaxi Volcano". *Global and Planetary Change* 90-91 (junio): 87-103. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.002>
- Freymueller, Jeffrey T., James N. Kellogg y Victor Vega. 1993. "Plate motions in the north Andean region". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 98 (B12): 21853-63. <https://doi.org/10.1029/93JB00520>
- Guéguen, P., J. L. Chatelain, B. Guillier y H. Yepes. 2000. "An indication of the soil topmost layer response in Quito (Ecuador) using noise H/V spectral ratio". *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 19 (2): 127-33.
[https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(99\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(99)00035-4)
- Gutiérrez Elorza, Mateo. 2008. *Geomorfología*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Gutscher, M. A., J. Malavieille, S. Lallemand y J. Y. Collot. 1999. "Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision". *Earth and Planetary Science Letters* 168 (3): 255-70.
[https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(99)00060-6)
- Hall, M. L., y C. A. Wood. 1985. "Volcano-tectonic segmentation of the northern Andes". *Geology* 13 (3): 203-7.
[https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1985\)13<203:VSOTNA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1985)13<203:VSOTNA>2.0.CO;2)
- Hall, Minard L., y Christa von Hillebrandt. 1988a. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Pululahua, Provincia de Pichincha". Quito: IG-EPN.
- 1988b. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Guagua Pichincha, Provincia de Pichincha". Quito: IG-EPN, Proyecto UNDRO-USAID-EPN.
- 1988c. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona norte". Quito: IG-EPN, Proyecto UNDRO-USAID-EPN.
- Hall, Minard L., y Christa von Hillebrandt. 1988d. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona sur". Quito: IG-EPN, Proyecto UNDRO-USAID-EPN.

- Hall, Minard, y Patricia Mothes. 2007. "The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology*. 70, 675–702.
<https://doi.org/10.1007/s00445-007-0161-2>
- Hall, Minard L., y R. Maruri. 1992. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Ninahuilca". Quito: IG-EPN, Proyecto UNDRO-USAID-EPN.
- Hall, Minard L., Bernardo Beate y Christa von Hillebrandt. 1989. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Antisana". Quito: IG-EPN.
- Hall, Minard L., Patricia A. Mothes, Pablo Samaniego, Hugo A. Yepes y S. Daniel Andrade. 2004a. "Mapa Regional de los Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi – Zona Norte". Quito: IG-EPN.
- 2004b. "Mapa Regional de los Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi – Zona Sur". Quito: IG-EPN.
- Hall, M. L., P. Samaniego, J. L. Le Pennec y J. B. Johnson. 2008. "Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176 (1): 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.06.012>
- Helman, Daniel S. 2020. "Seismic electric signals (SES) and earthquakes: A review of an updated VAN method and competing hypotheses for SES generation and earthquake triggering". *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 302 (mayo): 106484. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2020.106484>
- Hermanns, Reginald L., y Manfred R. Strecker. 1999. "Structural and lithological controls on large Quaternary rock avalanches (sturzstroms) in arid northwestern Argentina". *GSA Bulletin* 111 (6): 934-48.
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1999\)111<0934:SALCOL>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1999)111<0934:SALCOL>2.3.CO;2)
- Hidalgo, Silvana, Benjamin Bernard, Patricia Mothes, Cristina Ramos, Jorge Aguilar, Daniel Andrade, Pablo Samaniego, et al. 2023. "Hazard Assessment and Monitoring of Ecuadorian Volcanoes: Challenges and Progresses during Four Decades since IG-EPN Foundation". *Bulletin of Volcanology* 86 (1): 4. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01685-6>
- Hidalgo, Silvana, Michel Monzier, Eduardo Almeida, Gilles Chazot, Jean-Philippe Eissen, Johannes van der Plicht y Minard L. Hall. 2008. "Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Ninahuilca Volcanic Complex (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research, Recent and active volcanism in the Ecuadorian Andes* 176 (1): 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.05.017>
- Highland, L., y P. Bobrowsky. 2008. "The landslide handbook: A guide to understanding landslides". *U. S. Geological Survey* 1325: 129.
- Holcombe, Elizabeth A., Mair E. W. Beesley, Paul J. Vardanega y Rachel Sorbie. 2016. "Urbanisation and Landslides: Hazard Drivers and Better Practices". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering* 169 (3): 137-44. <https://doi.org/10.1680/jcien.15.00044>

- Hungr, Oldrich, Serge Leroueil y Luciano Picarelli. 2014. "The Varnes Classification of Landslide Types, an Update". *Landslides* 11 (2): 167-94.
<https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- IG-EPN. 1999. "Mapa de peligros volcánicos del volcán Guagua Pichincha, Ecuador". Quito: IG-EPN / DGP-SUIM.
- Jarrin, P., J. M. Nocquet, F. Rolandone, H. Mora-Páez, P. Mothes y D. Cisneros. 2022. "Current Motion and Deformation of the Nazca Plate: New Constraints from GPS Measurements". *Geophysical Journal International* 232 (2): 842-63.
<https://doi.org/10.1093/gji/ggac353>
- Jarrin, P., J. M. Nocquet, F. Rolandone, L. Audin, H. Mora-Páez, A. Alvarado, P. Mothes, F. Audemard, J. C. Villegas-Lanza y D. Cisneros. 2023. "Continental Block Motion in the Northern Andes from GPS Measurements". *Geophysical Journal International* 235 (2): 1434-64. <https://doi.org/10.1093/gji/ggad294>
- Jaya, D., y SSG-MDMQ. 2013. "Fotointerpretación para la identificación de fenómenos de inestabilidad de terreno y movimientos en masa relevantes en el Distrito Metropolitano de Quito". Informe técnico. Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.
- Jiménez Álvaro, E. (2023). Análisis neotectónico y lito-tefroestratigráfico de los grandes movimientos en masa asociados al fallamiento activo de la cuenca intermontana Quito-Guayllabamba, Ecuador (Doctoral dissertation, Universität Potsdam). <https://doi.org/10.25932/publishup-62220>
- Keefer, David K. 1984. "Landslides caused by earthquakes". *GSA Bulletin* 95 (4): 406-21. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1984\)95<406:LC-BE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1984)95<406:LC-BE>2.0.CO;2)
- Kramer, Steven Lawrence. 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Laurendeau, Aurore, Françoise Courboux, Luis Fabian Bonilla, Alexandra Alvarado, Victor Alfonso Naya, Philippe Guéguen, E. Diego Mercerat, et al. 2017. "Low-Frequency Seismic Amplification in the Quito Basin (Ecuador) Revealed by Accelerometric Recordings of the RENAC Network". *Bulletin of the Seismological Society of America* 107 (6): 2917-26.
<https://doi.org/10.1785/0120170134>
- Le Pichon, Xavier. 1968. "Sea-Floor Spreading and Continental Drift". *Journal of Geophysical Research* 73 (12): 3661-97.
<https://doi.org/10.1029/JB073i012p03661>
- McKenzie, D. P., y R. L. Parker. 1967. "The North Pacific: An Example of Tectonics on a Sphere". *Nature* 216 (5122): 1276-80.
<https://doi.org/10.1038/2161276a0>
- Medvedev, S. V., W. Sponheuer y V. Karnik. 1963. "Seismische Scala". *Inst für Bodendynamik und Erdbebenforschung* (Jena): 6.

- Mejía Prieto, Bernardo, Gloria Inés Giraldo Valencia y Lina María Trujillo Gálvez. 2006. "Guardianas de la ladera: un programa de cultura ciudadana en la prevención del riesgo". Taller internacional sobre gestión del riesgo a nivel local: el caso de Manizales, Colombia, Corporación para el desarrollo de Caldas, Manizales.
- Metzger, Pascale, y Pierre Peltre. 1996. "Gestion de l'environnement urbain et risques 'naturels': la problématique des Quebradas à Quito (Equateur)". *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 25(3): 531-552.
https://www.persee.fr/doc/bifea_0303-7495_1996_num_25_3_1248
- Miller, C., Donal R. Mullineaux y Minard L. Hall. 1978. "Mapa de reconocimientos de Riesgos Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi, Ecuador". Department of the Interior, United States Geological Survey.
- Minster, J. Bernard, y Thomas H. Jordan. 1978. "Present-Day Plate Motions". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 83 (B11): 5331-54.
<https://doi.org/10.1029/JB083iB11p05331>
- Morgan, W. Jason. 1968. "Rises, Trenches, Great Faults, and Crustal Blocks". *Journal of Geophysical Research* 73 (6): 1959-82.
<https://doi.org/10.1029/JB073i006p01959>
- Mothes, Patricia, Edwin Telenchana, Marco D. Córdova, Pedro Espín Bedón, Benjamin Bernard, Silvia Vallejo Vargas, Antonio Proaño, et al. 2019. "Mapa de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Guagua Pichincha". Quito: IG-EPN / IGM / IRD.
- Mothes, Patricia, Minard L. Hall y Richard J. Janda. 1998. "The Enormous Chillos Valley Lahar: An Ash-Flow-Generated Debris Flow from Cotopaxi Volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 59 (4): 233-44.
<https://doi.org/10.1007/s004450050188>
- Mothes, Patricia, Minard L. Hall, Daniel Andrade, Pablo Samaniego, Thomas C. Pierson, A. Gorki Ruiz y Hugo Yepes. 2004. "Character, Stratigraphy and Magnitude of Historical Lahars of Cotopaxi Volcano (Ecuador)". *Acta Vulcanológica* 16 (1-2): 85-108.
- Mothes, Patricia, Pedro Espín Bedón, Minard L. Hall, Francisco Vásquez, Daniel Sierra, Marco D. Córdova y Santiago Santamaría. 2016a. "Mapa Regional de Amenazas Volcánicas Potenciales del Volcán Cotopaxi - Zona Sur". Quito: IG-EPN.
- Mothes, Patricia, Pedro Espín Bedón, Minard L. Hall, Francisco Vásquez, Daniel Sierra y Daniel Andrade. 2016b. "Mapa Regional de Amenazas Volcánicas Potenciales del Volcán Cotopaxi - Zona Norte". Quito: IG-EPN.
- Municipio de Quito. 2015. "Actualización de la zonificación por amenaza de deslizamientos en el Distrito Metropolitano de Quito". Informe técnico de consultoría.

- Nocquet, J. M., P. Jarrin, M. Vallée, P. A. Mothes, R. Grandin, F. Rolandone, B. Delouis, et al. 2017. "Supercycle at the Ecuadorian Subduction Zone Revealed after the 2016 Pedernales Earthquake". *Nature Geoscience* 10 (2): 145-49. <https://doi.org/10.1038/ngeo2864>
- Pacheco, D., E. D. Mercerat, F. Courboux, L. F. Bonilla, A. Laurendeau y A. Alvarado. 2022. "Profiling the Quito basin (Ecuador) using seismic ambient noise". *Geophysical Journal International* 228 (2): 1419-37. <https://doi.org/10.1093/gji/ggab408>
- Pacheco, Daniel, S. Daniel Andrade y Alexandra Alvarado. 2014. "Estratigrafía Cuaternaria de la Cuenca San Antonio de Pichincha". *Revista Politécnica* 33 (3): 1-9.
- Peltre, Pierre. 1989. "Quebradas y riesgos naturales en Quito, período 1900-1988". En *Riesgos Naturales en Quito. Lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*. Vol. 2 de *Estudios de Geografía*, 45-90. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Pennington, Wayne D. 1981. "Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 86 (B11): 10753-70. <https://doi.org/10.1029/JB086iB11p10753>
- Pistolesi, Marco, Mauro Rosi, Raffaello Cioni, Katharine V. Cashman, Andrea Rossotti y Eduardo Aguilera. 2011. "Physical volcanology of the post-twelfth-century activity at Cotopaxi volcano, Ecuador: Behavior of an andesitic central volcano". *GSA Bulletin* 123 (5-6): 1193-1215. <https://doi.org/10.1130/B30301.1>
- Puente-Sotomayor, Fernando, Ahmed Mustafa y Jacques Teller. 2021. "Landslide Susceptibility Mapping of Urban Areas: Logistic Regression and Sensitivity Analysis applied to Quito, Ecuador". *Geoenvironmental Disasters* 8 (1): 19. <https://doi.org/10.1186/s40677-021-00184-0>
- Ramon, Patricio, Silvia Vallejo, Patricia Mothes, Daniel Andrade, Francisco Vásquez, Hugo Yepes, Silvana Hidalgo y Santiago Santamaría. 2021. "Instituto Geofísico – Escuela Politécnica Nacional, the Ecuadorian Seismology and Volcanology Service". *Volcanica* 4 (S1): 93-112. <https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.93112>
- Robalino, M., y M. Pullas. 2018. "Zonificación de la Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)". Tesis de licenciatura. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19790>
- Robin, C., M. Hall, M. Jimenez, M. Monzier y P. Escobar. 1997. "Mojanda volcanic complex (Ecuador): development of two adjacent contemporaneous volcanoes with contrasting eruptive styles and magmatic suites". *Journal of South American Earth Sciences* 10 (5): 345-59. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(97\)00030-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(97)00030-8)

- Robin, Claude, Jean-Philippe Eissen, Pablo Samaniego, Hervé Martin, Minard Hall y Joseph Cotten. 2009. "Evolution of the late Pleistocene Mojanda-Fuya Fuya volcanic complex (Ecuador), by progressive adakitic involvement in mantle magma sources". *Bulletin of Volcanology* 71 (3): 233-58.
<https://doi.org/10.1007/s00445-008-0219-9>
- Robin, Claude, Pablo Samaniego, Jean-Luc Le Pennec, Michel Fornari, Patricia Mothes y Johannes van der Plicht. 2010. "New Radiometric and Petrological Constraints on the Evolution of the Pichincha Volcanic Complex (Ecuador)". *Bulletin of Volcanology* 72 (9): 1109-29.
<https://doi.org/10.1007/s00445-010-0389-0>
- Robin, Claude, Pablo Samaniego, Jean-Luc Le Pennec, Patricia Mothes y Johannes van der Plicht. 2008. "Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176 (1): 7-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.10.008>
- Salcedo, Daniela, Oswaldo Padilla Almeida, Byron Morales y Theofilos Toulkeridis. 2018. "Landslide Susceptibility Mapping Using Fuzzy Logic and Multi-Criteria Evaluation Techniques in the City of Quito, Ecuador". *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions* (julio): 1-33.
<https://doi.org/10.5194/nhess-2018-86>
- Salgado Loza, Josué A., Marco D. Córdova, P. A. Mothes, P. Espín Bedón, S. Vallejo Vargas, Jorge Aguilar, H. E. Gaunt, et al. 2022. "Mapa de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Sumaco". Quito: IG-EPN.
- Samaniego, P., M. Monzier, C. Robin y M. L. Hall. 1998. "Late Holocene eruptive activity at Nevado Cayambe Volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 59: 451-59.
- Samaniego, Pablo, Jean-Philippe Eissen, Jean-Luc Le Pennec, Claude Robin, Minard L. Hall, Patricia Mothes, Deborah Chavrit y Joseph Cotten. 2008. "Pre-eruptive physical conditions of El Reventador volcano (Ecuador) inferred from the petrology of the 2002 and 2004-05 eruptions". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176 (1): 82-93.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.03.004>
- Samaniego, Pablo, Michel Monzier, Claude Robin, Jean-Philippe Eissen, Minard L. Hall, Patricia A. Mothes y Hugo A. Yepes. 2002. "Mapa de los peligros potenciales del volcán Cayambe." Quito: IG-EPN / IRD.
- Suárez, J. 2009. *Análisis Geotécnico*. Vol. 1 de *Deslizamientos*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Tadini, A., N. Azzaoui, O. Roche, P. Samaniego, B. Bernard, A. Bevilacqua, S. Hidalgo, A. Guillin y M. Gouhier. 2022. "Tephra Fallout Probabilistic Hazard Maps for Cotopaxi and Guagua Pichincha Volcanoes (Ecuador) With Uncertainty Quantification". *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 127 (2): e2021JB022780. <https://doi.org/10.1029/2021JB022780>

- Tadini, Alessandro, Olivier Roche, Pablo Samaniego, Nourddine Azzaoui, Andrea Bevilacqua, Arnaud Guillin, Mathieu Gouhier, et al. 2021. "Eruption Type Probability and Eruption Source Parameters at Cotopaxi and Guagua Pichincha Volcanoes (Ecuador) with Uncertainty Quantification". *Bulletin of Volcanology* 83 (5): 35. <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01458-z>
- Taipe Singo, Raquel Priscila. 2022. "Estudio de los movimientos en masa como eventos morfoclimáticos en periodo 1900 a 2020. Zona Sur del Distrito Metropolitano de Quito". Tesis de ingeniería, EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22840>
- Tibaldi, Alessandro, y Luca Ferrari. 1992. "Latest Pleistocene-Holocene tectonics of the Ecuadorian Andes". *Tectonophysics* 205 (1): 109-25. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90421-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90421-2)
- Trenkamp, Robert, James N. Kellogg, Jeffrey T. Freymueller y Hector P. Mora. 2002. "Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations". *Journal of South American Earth Sciences* 15 (2): 157-71. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(02\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(02)00018-4)
- Vaca, Sandro, Martin Vallée, Jean-Mathieu Nocquet y Alexandra Alvarado. 2019. "Active deformation in Ecuador enlightened by a new waveform-based catalog of earthquake focal mechanisms". *Journal of South American Earth Sciences* 93 (agosto): 449-61. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.05.017>
- Vásconez, Francisco, Daniel Sierra, Marco Almeida, Daniel Andrade, José M. Marrero, Patricia A. Mothes, Benjamin Bernard y Marjorie Encalada. 2017. "Mapa preliminar de amenazas potenciales del volcán Cotopaxi - zona oriental". Quito: IG-EPN / SGR.
- Villacís, Carlos, Brian Tucker, Hugo Yepes, Fumio Kaneko y J. L. Chatelain. 1997. "Use of seismic microzoning for risk management in Quito, Ecuador". *Engineering Geology* 46 (1): 63-70. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(96\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(96)00086-5)
- Volentik, A. C. M., C. Bonadonna, C. B. Connor, L. J. Connor y M. Rosi. 2010. "Modeling tephra dispersal in absence of wind: Insights from the climactic phase of the 2450 BP Plinian eruption of Pululagua volcano (Ecuador)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 193 (1-2): 117-36. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.03.01>
- Wilson, John Tuzo. 1976. *Continents adrift and continents aground*. Scientific American (W.H. Freeman)
- Winter, Thierry, Jean-Philippe Avouac y Alain Lavenu. 1993. "Late Quaternary Kinematics of the Pallatanga Strike-Slip Fault (Central Ecuador) from Topographic Measurements of Displaced Morphological Features". *Geophysical Journal International* 115 (3): 905-20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1993.tb01500.x>

- Yepes, Hugo, Jean-Mathieu Nocquet, Benjamin Bernard, Pablo B. Palacios, Sandro Vaca y Santiago Aguaiza. 2020. "Comments on the Paper 'Two Independent Real-Time Precursors of the 7.8 M Earthquake in Ecuador Based on Radioactive and Geodetic Processes. Powerful Tools for an Early Warning System' by Toulkeridis et al. (2019)". *Journal of Geodynamics* 133 (January): 101648. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2019.101648>
- Yepes, Hugo, Laurence Audin, Alexandra Alvarado, Céline Beauval, Jorge Aguilar, Yvonne Font y Fabrice Cotton. 2016. "A new view for the geodynamics of Ecuador: Implication in seismogenic source definition and seismic hazard assessment". *Tectonics* 35 (5): 1249-79. <https://doi.org/10.1002/2015TC003941>
- Yoshimoto, Masahiro, Hiroyuki Kumagai, Wilson Acero, Gabriela Ponce, Freddy Vásconez, Santiago Arrais, Mario Ruiz, et al. 2017. "Depth-Dependent Rupture Mode along the Ecuador-Colombia Subduction Zone". *Geophysical Research Letters* 44 (5): 2203-10. <https://doi.org/10.1002/2016GL071929>
- Zapata, C., E. A. Holcombe, P. J. Vardanega y E. Jiménez. 2023. "Modelling the Effect of Hydraulic Conductivity Variability on Slope Stability Calculations for a Site in South-East Quito, Ecuador". En *Proceedings of the 17th Danube-European Conference on Geotechnical Engineering*, 773-80. Politehnium Publishing House. <https://bit.ly/4c00ILn>
- Zapata, M. C. 2018. *Assessment of earthquake-induced landslides hazard in Quito, Ecuador*. Universidad EAFIT.

3 | Las amenazas hidrometeorológicas en Quito

Othon Zevallos Moreno

Las amenazas de origen hidrometeorológico (HM) son el conjunto de fenómenos relacionados a la atmósfera y su interacción con el suelo o subsuelo en la cuenca hidrográfica. Son *fenómenos atmosféricos* propios de la variabilidad del tiempo y el clima, manifestaciones naturales que se pueden constituir en amenazas, tales como: lluvias, granizadas, heladas, nevadas, neblina, huracán, vendaval, tornado, tormenta eléctrica o tempestad, tormentas tropicales, ola de calor, estiaje o sequía; algunas de sus consecuencias son: desertificación, incendios forestales, hambrunas, plagas, desabastecimiento de agua, etc. Se consideran también los *fenómenos hidrológicos* que ocurren en la cuenca hidrográfica (natural o urbana), tales como: inundaciones, erosión, sedimentación, crecida súbita, entre los más significativos (OSSO y LA RED 2009). En el presente análisis también se incluyen aluviones y deslizamientos, que, aunque no son estrictamente hidrológicos, sino geodinámicos, han sido analizados aquí por la alta dependencia de su ocurrencia con la precipitación.

Las amenazas HM pueden ser estudiadas sobre la base del conocimiento de la física de los fenómenos, a través de las ciencias de la meteorología e hidrología. Siendo fenómenos complejos, las amenazas también pueden ser analizadas sobre bases probabilísticas, a partir de análisis de registros históricos del fenómeno. Ello implica aceptar un comportamiento homogéneo, es decir, que los datos que representan el fenómeno se ajustan razonablemente a una distribución de probabilidades y que no existen cambios en la tendencia de los comportamientos en el largo plazo.

El cambio climático (CC) que está sufriendo nuestro planeta está generando fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos, lo que significa, sin duda, que se ocasionarán cada vez mayores y más recurrentes impactos adversos. Como ejemplo, según el Programa de Acción Climática de Naciones Unidas, desde el año 2000, los desastres relacionados con las inundaciones a causa del cambio climático han aumentado un 134 % en comparación con las dos décadas anteriores, la mayoría en Asia (NNUU, s.f.).

Los pronósticos de CC para Ecuador estiman, en el peor escenario (RCP 8.5), incrementos de temperatura superiores a los 2°C en la mayor parte del territorio

nacional. En términos de precipitación después de mitad de siglo, en la Sierra y en la Costa se presentarían aumentos de hasta un 10 % y en la Amazonía se darían reducciones de precipitación del mismo orden (Armenta Porras, Villa Cedeño y Jácome 2016).

Algunos fenómenos que se presentan como resultado, sea de la propia variabilidad natural o inducidos por el CC y su interacción con la cuenca hidrográfica, no siempre se ajustan a las tendencias de las series de registros históricos. Por ejemplo, a causa de la ocurrencia de huracanes, de acuerdo con funcionarios del Distrito de Control de Inundaciones del Condado de Harris, el área de Houston, Texas, ha sufrido no menos de tres eventos de inundación de 500 años de retorno en los últimos tres años (2015, 2016 y 2017) (Ingraham 2017). De manera semejante, un evento como el aluvión en la quebrada El Tejado, ocurrido en enero de 2022 en Quito, puede generar fácilmente caudales equivalentes de agua, lodos y detritos, un orden de magnitud superior a los caudales puramente hidrológicos generados en la cuenca.

Red de monitoreo y registros históricos de desastres

La red HM del DMQ está constituida por un conjunto de 17 estaciones climatológicas, 49 pluviométricas y 23 hidrológicas para un total de 89 estaciones, de las cuales aproximadamente la mitad transmiten información en tiempo real, constituyendo la red más completa del país. A esto se añaden 150 sitios de aforo y 40 pozos de monitoreo de agua subterránea (Quito informa 2022). Esta red es resultado del esfuerzo conjunto entre la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) y el Fondo Ambiental para Protección de Agua de Quito (FONAG), cuya información se presenta en anuarios hidrometeorológicos para el período 2007-2022 (FONAG 2022). Igualmente, registros sobre otras estaciones para Quito y el país están publicados en los anuarios meteorológicos para el período 1971-2013 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).¹ Las ecuaciones de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F) para el dimensionamiento de obras en Quito se encuentran en las *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q* (EPMAPS 2009) y el análisis de intensidades de lluvia está en la publicación *Análisis temporal de las lluvias extremas en el DMQ* (EPMAPS 2014).

Las amenazas hidrometeorológicas también pueden ser estudiadas a partir de registros de los eventos de desastres de origen hidrometeorológico

¹ <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>

ocurridos. El registro histórico de desastres se puede señalar como una dimensión del riesgo materializado. Este permite inferir las condiciones de vulnerabilidad en las cuales ocurren los desastres, así como la manifestación de la magnitud de la amenaza como producto de las condiciones climáticas, hidrológicas y morfológicas (Zevallos 2002).

Según Pierre Peltre (1989), con base en la revisión de medios de prensa, entre 1900 y 1986 se han presentado 163 inundaciones,² 70 aluviones, 114 derrumbes (deslizamientos) y 36 hundimientos, que ocasionaron 199 muertes, de las cuales 98 se debieron a aluviones y 85 a derrumbes. Entre los aluviones, los de La Gasca (Q. Pambachupa), en 1975, El Condado (Q. Rumihurco), en 1983, La Comuna (Q. Comunidad), en 1997, y nuevamente La Gasca (Q. El Tejado), en 2022, fueron los más destructivos.

Por otra parte, a pesar de algunas limitaciones y errores, la mejor y más completa fuente disponible de registros de desastres para Ecuador y el DMQ desde 1970 hasta 2019 es la base de datos de DesInventar, administrada por el programa Sendai de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR)³ y desarrollada por la Red de Estudios Sociales en Investigación de Desastres, con apoyo de la EPN, y luego por parte de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. A partir de esta se determinan las siguientes características para los eventos de origen HM⁴ en el DMQ.

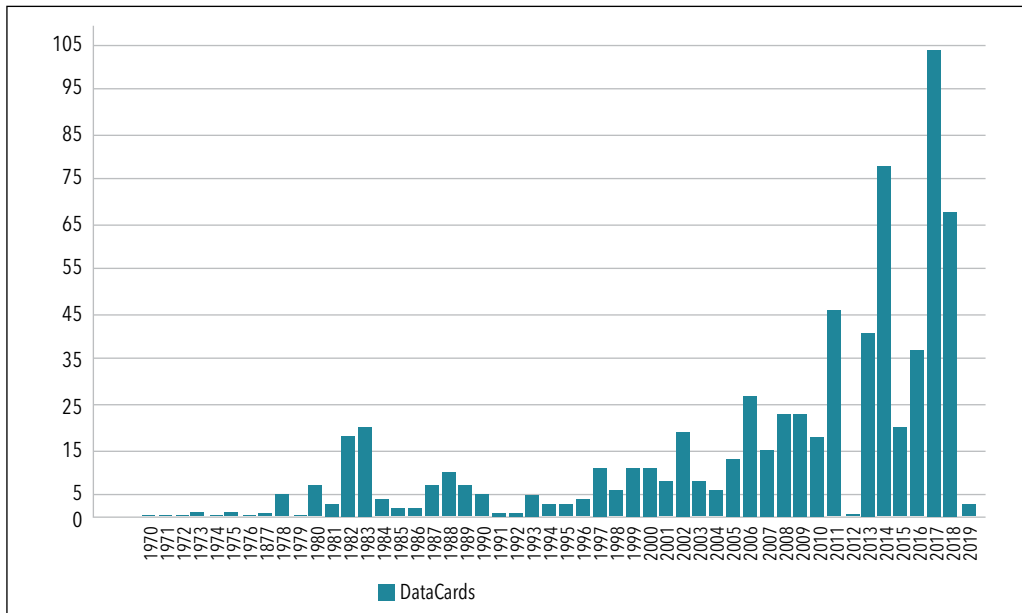
- En total se registraron 719 eventos de origen HM en todo el DMQ. El número de registros de eventos está creciendo en el tiempo (figura 3.1). En efecto, el número de registros se ha incrementado de nueve eventos (1970-1979) a 422 (2010-2019).
- De acuerdo con la tipología, los deslizamientos (60 %), las inundaciones (20 %) y las lluvias intensas (4 %) son los eventos de desastres HM más frecuentes (figura 3.2).
- A pesar de que el número de eventos de desastres registrados crece, los efectos de los desastres, como número de muertes, número de viviendas destruidas y número de afectados, parecen estar disminuyendo, como resultado seguramente de una mejor preparación del país, sus gobiernos locales, la participación del sector privado y gracias, seguramente también, a una mejor infraestructura.

² Para evitar dar un peso excesivo a las inundaciones, debido a su gran extensión espacial, en el tratamiento de frecuencias, Peltre contabiliza las inundaciones por eventos pluviométricos que causaron problemas, y no por foco geográfico como en los otros tipos de eventos.

³ DesInventar Sendai. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction.
<https://www.desinventar.net/DesInventar/main.jsp>

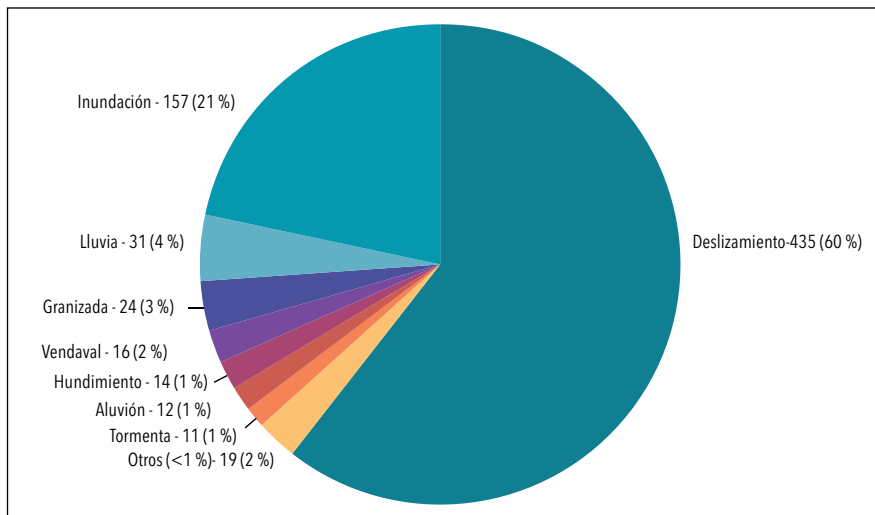
⁴ Como eventos HM en la base de DesInventar se consideran: deslizamiento, inundación, lluvia, granizada, vendaval, hundimiento, aluvión, tormenta, socavamiento, tormenta eléctrica, sequía, ola de calor, helada, huracán, nevada. No se incluyen los incendios forestales debido a que, en la base de datos del Ecuador para el año 2012, estos eventos están sobrerrepresentados, y se analizan de forma independiente más adelante.

Figura 3.1. Eventos de desastre de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)



Fuente: UNDRR DesInventar Sendai.

Figura 3.2. Tipología de desastres de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)



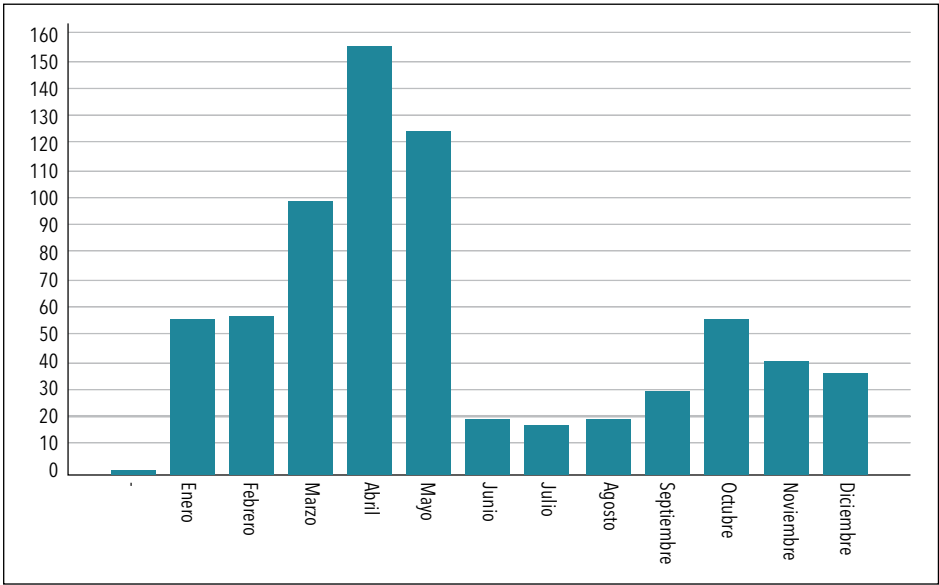
Fuente: UNDRR DesInventar Sendai.

- Los eventos que generan mayor número de muertes son los deslizamientos (83 %), seguidos por las inundaciones (5 %) y los aluviones (4 %).⁵
- Los eventos HM que más viviendas destruyen son las lluvias (32 %), inundaciones (27 %), deslizamientos (26 %), tormentas y vendavales (11 %). Algo similar sucede, aunque en mucho mayor número, con las viviendas afectadas.
- El conurbano de la ciudad de Quito concentra el 74 % de los eventos registrados en el DMQ.

⁵ El registro no incluye las 28 muertes ocasionadas por el aluvión de La Gasca del 31 de enero de 2022.

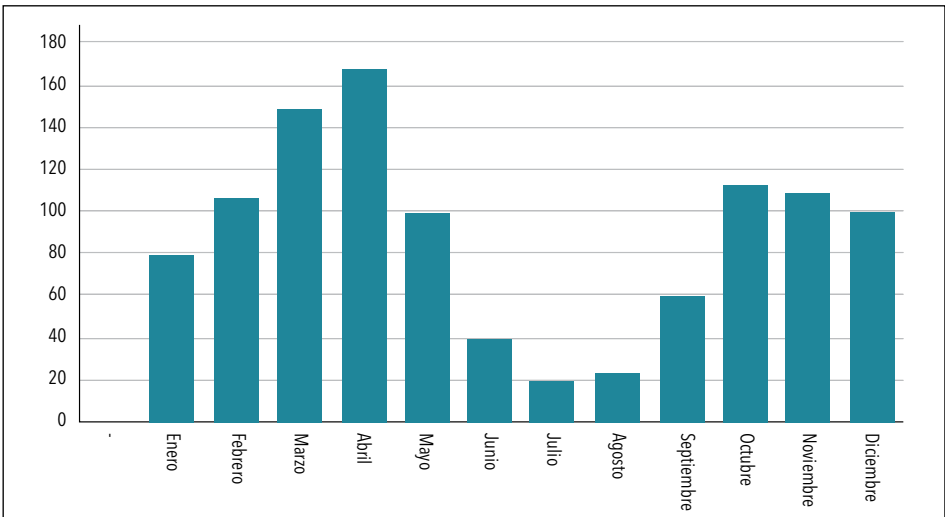
- El patrón mensual de ocurrencia de eventos de desastres de origen HM presenta una clara coincidencia con el patrón de distribución del promedio mensual de lluvias en Quito, con el pico principal en el período lluvioso del régimen costero-Pacífico, entre enero y mayo; un valle con menor número de eventos en el período seco, entre junio y septiembre; y un segundo pico de menor magnitud coincidente con el período lluvioso de origen amazónico, entre octubre y diciembre, según la Estación Quito - INAMHI (figuras 3.3 y 3.4).

Figura 3.3. Distribución mensual de eventos de origen hidrometeorológico en el DMQ (1970-2019)



Fuente: UNDRR DesInventar Sendai.

Figura 3.4. Distribución mensual de precipitación multianual (mm) en Estación Quito-INAMHI



Fuente: Último anuario meteorológico publicado por INAMHI, 2013.

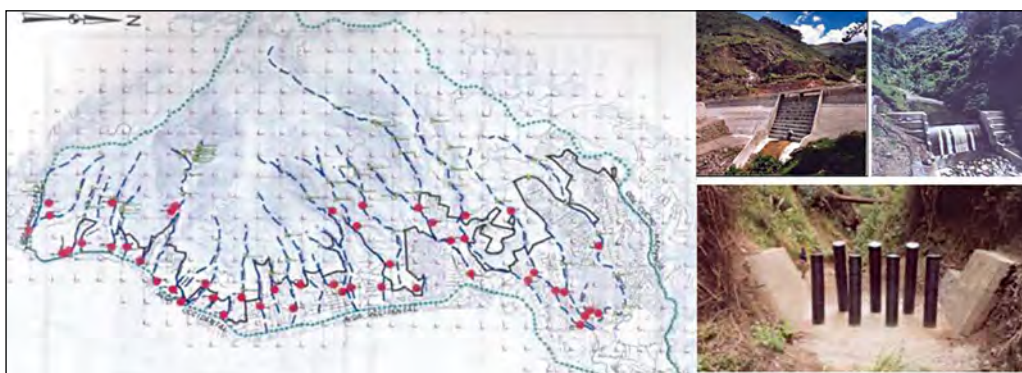
Siendo el volcán Pichincha el monte tutelar de Quito, y a pesar de que la ciudad está asentada en sus laderas desde épocas preincaicas, los quiteños han dado la espalda a este valioso patrimonio natural y no lo han puesto en valor. A partir de la década de los setenta, como consecuencia de la promulgación de la Ley de Reforma Agraria de 1964, de la presión por el crecimiento poblacional y la falta de opciones de vivienda, y gracias a la construcción de la nueva avenida Occidental –o Mariscal Sucre– en la década de los ochenta, se inició un intenso proceso de ocupación regular e irregular de las áreas de laderas vía lotización de las antiguas haciendas allí localizadas (Zevallos 1996). Este proceso hizo que, a inicios de los noventa, el Municipio perdiera el control de la expansión urbana, con un significativo incremento del riesgo (Barreto 1994). Consecuencia de ello, desde la década de los ochenta se han perdido alrededor de 2800 hectáreas de área natural en estas zonas.

Las laderas del eje Pichincha-Atacazo han sido afectadas por una compleja problemática de ocupación urbana legal e ilegal, vía presiones de intereses privados y traficantes de tierras, favorecida por la debilidad municipal en el control, la falta de políticas, el incumplimiento de ordenanzas, el clientelismo político, etc. Como consecuencia, Quito presenta una urbanización con infraestructura inadecuada, un proceso de degradación ambiental, presencia de basura y escombros en quebradas, taponamiento de los drenajes naturales y pobres criterios ingenieriles, que terminan agravando las amenazas HM e incrementando el riesgo de desastres, tanto en las áreas altas de ocupación cuanto en las áreas bajas de la ciudad.

Programas Laderas del Pichincha, PSA I y PSA II

Con el fin de mitigar el efecto de las inundaciones y aluviones generados desde las quebradas que bajan desde el Pichincha, el MDMQ, a través de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado (EMAAP-Q) y con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre 1996 y 2001, ejecutó el programa de protección Laderas del Pichincha. Así se construyó 48 estructuras de control (15 reservorios de regulación, 18 entradas a colectores y cuatro cruces de caminos adecuados como reservorios, cinco túneles de desvío y trasvases, seis diques de contención de lodos) en las 33 quebradas de las laderas del Pichincha, en el sector norte de la ciudad (figura 3.5). El propósito de estas obras era regular caudales y detener sedimentos transportados por las quebradas. Además, se ejecutaron obras de control de escorrentía y erosión en las laderas, un sistema de monitoreo y alerta, un programa de

Figura 3.5. Ubicación y ejemplos de obras construidas en el programa Laderas del Pichincha



Fuente: Archivos de autor.

manejo y control de las laderas, además de que se creó una comisaría para control de laderas, etc. (Zevallos 1996). El monto contemplado fue de 20 millones de dólares de crédito del BID y cinco millones de la contraparte local.⁶

El Programa de Saneamiento Ambiental de Quito (PSA Fase I), que se ejecutó entre 2003 y 2007 (figura 3.6), en el componente de “Manejo de laderas y control de inundaciones”, comprendió obras de regulación hídrica, control de inundaciones, deslizamientos y avalanchas de lodo, ordenamiento territorial, manejo de zonas ecológicamente frágiles, reasentamiento de familias ubicadas en áreas de riesgo en las quebradas de El Tejar y Jerusalén, y estudios de las quebradas Navarro y La Raya Sur. Se invirtieron 10,8 millones de dólares en regulación hídrica y 2,7 millones en acondicionamiento ambiental de áreas verdes urbanas. También se ejecutó un Plan de Reasentamiento de 46 familias en alto riesgo, con una inversión de 1,5 millones de dólares.

El PSA Fase II (figura 3.6), en el componente de “Obras de control de inundaciones”, por 39,95 millones de dólares, contempló el nuevo colector Anglo-French, y la optimización de los sistemas de colectores pluviales de las quebradas Jerusalén, Navarro-La Raya, Sunipamba-Saguanchi y Cuscungo-Clemencia. El componente de “Intervenciones en laderas”, por 6,95 millones de dólares, incluyó las obras de acondicionamiento ambiental en áreas verdes urbanas y naturales de las quebradas Jerusalén, Navarro-La Raya y Sunipamba-Saguanchi, así como obras prioritarias en áreas naturales del eje Pichincha-Atacazo, además de otras intervenciones de desarrollo comunitario, educación ambiental y capacitación de la población beneficiada y de las Administraciones Zonales en gestión territorial; también se trató el manejo de riesgo y el reasentamiento de familias.

Adicional a las obras de protección hidráulica, como parte de los proyectos Laderas del Pichincha (norte) y PSA I y II (centro y sur), se realizaron

⁶ BID. Proyecto Laderas del Pichincha. <https://www.iadb.org/es/whats-our-impact/EC0143>



Fuente: Archivos de autor.

intervenciones de mejoramiento ambiental, como: Parque de la Quebrada El Cebollar, recuperación de la Q. Jerusalén, Sendero Cinto-Torohuco, de 9,5 km de longitud, y Sendero Ruta de Humboldt, de 4,5 km. Con el fin de impedir que continuara la tendencia de subida de la ocupación por encima del límite, se construyó la materialización del límite urbano mediante un cerramiento de 8 km de longitud en los barrios Roldós, Pisulí, La Pulida, Pinar Alto y Cochapamba Alto, del norte de la ciudad.

Además, se promovió la expedición de la Ordenanza Metropolitana “Área de Intervención Especial y Recuperación Pichincha-Atacazo” (AIER), con varios objetivos: desarrollar el sistema de parques metropolitanos Pichincha e incorporarlos al patrimonio natural y paisajístico del DMQ, detener el crecimiento urbano en el área natural y potenciar el área como espacio apto para el desarrollo de actividades de investigación, turismo ecológico y concienciación sobre el valor de las áreas naturales.

Se debe resaltar que, entre 2004 y 2020, la EPMAPS, tanto con recursos propios como de créditos, invirtió alrededor de 100 millones de dólares en la construcción de nuevos colectores en túnel (el denominado nuevo drenaje profundo), con el objeto de aliviar los colectores antiguos, que en su mayoría habían sido construidos en el fondo de las quebradas rellenas, por lo que presentaban insuficiencia de capacidad y deterioro por su vetustez. Algunos de estos colectores construidos son: Jatunhuaycu, La Prensa, Galo Plaza, Nazareth, Mirador, San Lorenzo, Iñaquito, Caicedo, El Tejado, Anglo French, El Tejar, Jerusalén, Pomasqui, entre otros.

De manera particular, debido a un taponamiento por una fuerte crecida ocurrida en 2010, la EPMAPS construyó, en la quebrada El Tejado, un nuevo colector de alivio, entre 2014 y 2015, el cual permitió que el agua fluyera una vez que se liberó la obra de captación después del aluvión de enero de 2022, pues el colector antiguo se había taponado con el evento.

Como resultado de las obras e intervenciones de estos proyectos, la ciudad está mejor protegida. Seguramente son decenas o centenas de eventos que han sido evitados. Como ejemplos, basta citar los eventos ocurridos en las Q. El Tejado y Caicedo en 2011, en las Q. San Isidro Media y San Isidro Reservoirio (Osorio) en diciembre de 2021, en las Q. Armero y Ascázubi en enero de 2022, cuando ocurrieron aluviones de magnitud moderada que taponaron las obras de captación pero fueron contenidos en los embalses y no causaron afectación a la ciudad.

Al mismo tiempo, cabe señalar que estas obras no pueden mitigar la ocurrencia de eventos extraordinarios, como lo demuestra el aluvión de La Gasca de 2022, que será analizado más adelante, por lo que se requieren nuevos enfoques para continuar protegiendo a la ciudad.

El abanico de amenazas HM en Quito

Intensidad de las lluvias

La lluvia o precipitación pluvial incluye lluvias puntuales, persistentes o torrenciales en una región específica, así como períodos largos de precipitaciones (OSSO y LA RED 2009) que generan daños o efectos adversos. Entre las principales afectaciones por las lluvias se pueden señalar: desplome de viviendas vetustas o construidas con adobe, caída de árboles, cortes de energía, congestión de tráfico, olas de frío, daños en la calzada de vías, etc.

Tomando como referencia la Estación Quito-Observatorio, la más antigua con registros en el país, lluvias con diez años de período de retorno ($Tr = 10$ años) y diez minutos de duración ($D = 10$ min) pueden estar en el rango de 18,3 mm, es decir, generar intensidades de 110 mm/h; y para una duración de 60 minutos pueden presentarse lluvias intensas de 33 mm o más hasta llegar a ser torrenciales, con lo que pueden generar afectaciones. Para la Estación Chorrera, por ejemplo, con duraciones de lluvia de 20 minutos, la precipitación para $Tr = 2$ años es de 17,1 mm, mientras para $Tr = 50$ años es de 34,3 mm. En cuanto a la persistencia, por ejemplo, en el mes abril de 2011, en la Estación Quito-INAMHI se registraron lluvias los 30 días del mes, a todo lo largo de la ciudad, por lo que la precipitación mensual alcanzó el valor de 372,9 mm, más de 2,2 veces la media multianual del mes; esto ocasionó varios hundimientos en el alcantarillado del sector del barrio La Florida, cerca al antiguo aeropuerto de Quito.

Un estudio de las lluvias intensas en Quito ha sido presentado en un libro muy interesante que analiza de manera detallada, mediante procesamiento estadísticos y modelos computacionales, la distribución espacial y temporal de la precipitación en el DMQ (Beltrán 2017). En su tesis de grado

de ingeniería, Beltrán (1995) determinó dos direcciones predominantes de las lluvias en Quito: 1) Sur, Sur-Este hacia el Norte y 2) de Oeste hacia el Este. Las primeras se relacionan con las masas húmedas provenientes de la región amazónica y las segundas tienen su origen en las masas húmedas que vienen de la costa.

Zevallos (1995a), en una consultoría para el BID y EPMAPS, estudió los patrones de lluvia en las laderas del Pichincha, con el fin de calcular la frecuencia y magnitud de limpieza de sedimentos necesarias en reservorios. Se determinó que las lluvias intensas en las laderas tienden a ser concentradas en núcleos localizados de una o pocas quebradas, disminuyendo la intensidad en función de la distancia, y que no se presentan tormentas de alta intensidad en forma simultánea en toda el área de laderas. Así mismo, se estableció que la consecutividad de ocurrencia de tormentas intensas es baja, es decir, que luego de una lluvia intensa en una quebrada es poco probable que ocurra otra de similar magnitud, en la misma quebrada, en los días subsiguientes.

Granizadas, heladas, nevadas, vendaval y otras amenazas atmosféricas

De acuerdo con la base de datos de DesInventar,⁷ en el período 1970-2019 se registraron 34 eventos de tipo granizadas, heladas, nevadas, vendaval y otras amenazas atmosféricas que han ocasionado afectaciones materiales y fallecimientos, aunque seguramente su número podría ser mayor.

Los *vendavales* han ocasionado la destrucción de viviendas precarias, caídas de árboles, desprendimiento de techos, interrupción del servicio eléctrico, incluso con consecuencias graves como la interrupción del bombeo del sistema Papallacta, causado por la caída de varias torres de alta tensión y que derivó en el desabastecimiento del servicio de agua potable en el norte de la ciudad. Por la ubicación geográfica del Ecuador en la zona ecuatorial, no se presentan huracanes.

Las *granizadas*⁸ han generado la caída de grandes techados de coliseos o fábricas, destrozos en viviendas, congestión del tránsito vehicular, taponamiento de sumideros, etc.

Las *heladas* o disminución de la temperatura con efectos nocivos, generan afectaciones a la salud, como epidemias de gripe entre la población y daños en cultivos en zonas rurales, de manera similar a lo que provocan las *olas de frío*.

Las *nevadas* únicamente se han presentado en zonas de gran altitud, como el sector del páramo de la virgen, a 4000 msnm, y han producido accidentes de tránsito y la interrupción de la vía Quito-Baeza por algunas horas en varias ocasiones.

⁷ DesInventar Sendai. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction.
<https://www.desinventar.net/DesInventar/main.jsp>

⁸ Precipitación de agua congelada sólida.

Las *tormentas eléctricas* han generado afectaciones al servicio eléctrico y algunos fallecimientos por descargas eléctricas.

Olas de calor, estiaje, sequías y sus consecuencias

La *ola de calor* es el aumento de la temperatura en una región con efectos sobre poblaciones humanas, cultivos, bienes y servicios, y normalmente puede estar asociado a períodos de estiaje y sequía (OSSO y LA RED 2009). En Quito, por su localización a 2850 msnm, solo se han registrado dos eventos: en enero de 1990 y 1991, con reportes de efectos en la salud por los cambios de temperatura y afectaciones a la agricultura. Adicionalmente, los días calurosos y despejados presentan altos niveles de radiación solar que pueden generar afectaciones en la piel.

El *estiaje* se define como la disminución de lluvia y, en consecuencia, la baja del caudal de un río durante la época del verano o estío. Típicamente, en Quito esto ocurre anualmente entre los meses de junio y septiembre; sin embargo, debido a la variabilidad climática normal, así como por las alteraciones generadas por el cambio climático, la manifestación de los períodos secos y lluviosos pueden presentar variaciones importantes. Aunque el estiaje no es en sí un evento extremo como la sequía, puede generar limitaciones e impactos en los servicios de suministro de agua potable, riego o generación hidroeléctrica, como ocurrió en el período de estiaje de fines de 2023 en Ecuador.

La *sequía*, por su parte, es la temporada seca, sin lluvias o con déficit de lluvias. En general, se trata de períodos prolongados (meses, años o incluso decenios), que pueden ocurrir en áreas continentales restringidas o a escalas regionales (OSSO y LA RED 2009). En el período se registran únicamente dos eventos de sequía. En noviembre de 1978 se reportaron pérdidas en la agricultura y en la producción de frutales en los valles de Guayllabamba y Tumbaco. En diciembre de 1989 se reportó una disminución de caudales de hasta un 50 %, atribuido a un alza de la presión atmosférica debido al fenómeno La Niña.

El análisis histórico de sequías es importante para asegurar el abastecimiento de agua para Quito en el mediano y largo plazos. En un interesante trabajo, investigadores del Instituto Pirenaico de Ecología de Zaragoza, de la EPN y de la Universidad Complutense de Madrid, con base en la revisión de las rogativas registradas en el libro de Actas del Cabildo de Quito (1600-1822), determinaron que se presentaron importantes períodos de sequías entre 1692-1701 y 1718-1723. En los registros encontraron 43 rogativas de ceremonia *pro pluvia*, indicativo de falta de lluvias. Adicionalmente, tras el análisis de registros de precipitación en la Estación Quito-Observatorio para el período 1891-2015, hallaron

que el índice de precipitación estandarizada (SPI) muestra altos valores negativos, indicativo de períodos secos, durante los años 1976-1980, 1990-1993, 2001-2006, y también desde 2012 hasta el fin de la serie de registro de 2015. En particular, los años 1926 y 2010 se destacan por la intensidad del período seco, con valores de SPI = -2,5 en todas las escalas. Según la investigación, la época de sequía más severa en los cuatro siglos se presentó entre 1692 y 1701, cuando una gran hambruna devastó Quito y afectó a la mayoría de los Andes centrales (Domínguez-Castro et al. 2017).

En otro estudio de Terneus y Gioda (2006) se presenta una breve revisión del desarrollo de la meteorología en Ecuador, a través de la documentación de eventos climáticos en la colonia hasta la moderna recolección de datos, donde se concluye que hubo más eventos extremos, principalmente de sequías, durante los siglos XVII y XVIII, y que muy pocas catástrofes documentadas históricamente en Quito se corresponden con episodios del fenómeno El Niño. Se presentan al menos once registros de rogativas a la virgen de Guápulo contra la sequía entre 1611 y 1797.

Incendios forestales

Incluye todos los incendios en campo abierto en áreas rurales, en bosques nativos, bosques cultivados, praderas, etc. Estos están indudablemente relacionados con fenómenos atmosféricos como alta presión, ausencia de lluvia, alto nivel de radiación solar y fuertes vientos. Sin considerar el año 2012, se registran 217 incendios forestales en el DMQ entre 1980 y 2019. En el año 2012, en la base de datos, estos eventos están sobrerrepresentados, con un nivel de desagregación demasiado a detalle, pero, en todo caso, esto es un indicativo de su alta ocurrencia. Los incendios típicamente tienen una extensión de varias hectáreas y duran desde horas hasta unos pocos días, hasta ser controlados por el Cuerpo de Bomberos de Quito y, ocasionalmente, cuando amerita, con apoyo de otras entidades del DMQ o incluso de otros cantones. En muchas ocasiones, las causas del incendio son desconocidas, se deben a factores naturales o a la acción intencional o inintencional humana. Las zonas donde se producen estos eventos corresponden a áreas de bosque de eucalipto, vegetación arbustiva o pajonales, en sitios como las laderas del Pichincha-Atacazo, las laderas de Guápulo, el parque Metropolitano, otras laderas de Quito y, con frecuencia, las parroquias rurales del DMQ.

Inundaciones en las partes bajas y falta de capacidad de los colectores

De acuerdo a DesInventar, la inundación es el anegamiento o cubrimiento con agua de un terreno donde se localicen poblaciones, cultivos, bienes o infraestructura (OSSO y LA RED 2009). En el área urbana, usualmente está asociada a la falta de capacidad o la inexistencia de un adecuado sistema de drenaje pluvial urbano ante la ocurrencia de fuertes precipitaciones. La inundación también se asocia a desbordes de ríos cuando el cauce no es de gran profundidad, como sucede en algunas áreas del sur por el desbordamiento del río Machángara o sus quebradas afluentes, o como en el caso de urbanizaciones asentadas junto a los ríos Pita o San Pedro, en el Valle de Los Chillos.

Las inundaciones se registran, obviamente, sobre todo en las partes bajas y planas de la ciudad, en particular a lo largo de los ejes longitudinales de las avenidas 10 de Agosto y Amazonas, desde el parque El Ejido hasta el de La Carolina, sitios que se conocen como antiguos humedales y lagunas.

Además, las inundaciones pueden estar asociadas a la falta de capacidad de los colectores que atraviesan la ciudad de Oeste a Este y que encauzan los caudales que bajan desde las laderas del Pichincha para conducir las aguas hasta el drenaje natural. En situaciones de alta pluviosidad y condiciones geológicas y morfológicas apropiadas, pueden convertirse en aluviones de mucho mayor capacidad destructiva que las inundaciones.

Estas inundaciones solo tienen, por regla general, una extensión limitada en el espacio y no duran más de dos a cuatro horas [...] alcanzan frecuentemente 30 a 60 cm de altura, y no sobrepasan un metro o un metro cincuenta durante las inundaciones más importantes (Peltre 1989, 49).

Aunque los daños suelen ser puntuales o poco significativos, pues afectan únicamente las primeras plantas de las viviendas, las inundaciones suelen ocasionar daños en enseres y electrodomésticos, pisos, pinturas de paredes, y estos se agravan cuando vienen acompañadas de lodo. A nivel urbano, generan caos en el tráfico vehicular, daños en vehículos, deterioro del pavimento o adoquín de las calzadas y eventualmente el desplome de casas y fallecimientos por ahogamiento. Las inundaciones se agravan cuando hay presencia de granizo, o por basuras que taponan los sumideros e impiden el ingreso de agua al alcantarillado.

Este fenómeno también está asociado específicamente a la deficiencia de drenajes viales, como en la Panamericana Norte y la Ruta Viva, a cargo de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP).

El Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado (EPMAPS 2011) determinó que, en los subsistemas río Machángara, Anglo-French, Iñaquito-El Batán y

Q. El Colegio, el 14 % de los colectores principales tiene más de 40 % de falta de capacidad para conducir los caudales producidos por lluvia con 25 años de período de retorno (T_r), por tanto, son susceptibles de generar inundaciones. El monto previsto para intervenciones con las que resolver esta problemática en el Plan Maestro es de 161,3 millones de dólares para el período 2011-2040, incluyendo obras en parroquias. El Plan de Expansión del Drenaje Pluvial y de Protección de Ríos y Quebradas del DMQ, recientemente elaborado, establece una necesidad de inversión de 550,4 millones para las próximas cuatro décadas (EPMAPS 2023).

Erosión en bordes de ríos y quebradas

Reportado en DesInventar como *socavamiento*, se trata del desgaste de la superficie terrestre por agentes externos como el agua o el viento. Incluye la erosión hídrica, eólica y erosión por aguas subterráneas (OSSO y LA RED 2009). La base de datos menciona siete eventos, de los cuales cinco ocurrieron en la ciudad y dos, en parroquias, aunque en la realidad el problema es mucho mayor, por la desestabilización de muchos márgenes de ríos y quebradas de Quito. Un caso paradigmático de la gravedad del problema son las viviendas en riesgo en los bordes del río Monjas (sectores como La Esperanza, Pomasqui, La Pampa, La Antonia y Rumicucho) y en sus quebradas afluentes como la Carretas (barrio Puerta del Sol), donde 98 viviendas están en situación de riesgo. El último evento de erosión ocurrió en junio de 2023, en el río Machángara, cuando el deslizamiento del talud interrumpió la actual vía de acceso a la av. Conquistadores desde la av. Simón Bolívar en sentido hacia Cumbayá, lo que demandó la construcción de una variante vial.

El incremento del caudal de escorrentía por la impermeabilización de los suelos debido al proceso de urbanización erosiona y profundiza el lecho de los cauces, lo que, a su vez, desestabiliza los taludes, particularmente cuando están constituidos por materiales sueltos como arenas, limos o cenizas volcánicas –como en el caso anotado del río Monjas-. El problema se agrava por la falta de control y/o las autorizaciones municipales de ocupación de los bordes de quebradas con viviendas, sin respetar el debido retiro.

Un fenómeno asociado es el hundimiento o socavamiento interno del suelo por filtraciones de agua desde los alcantarillados, particularmente cuando trabajan a presión por falta de capacidad y/o vetustez de los mismos. Peltre (1989) reporta 36 de estos desde 1900 hasta 1986. Algunos pueden ser de gran impacto y magnitud, como los ocurridos en la av. América en mayo de 1978, en la av. Libertadores, en el sur, en febrero de 1984 y, sobre todo, el del redondel de El Trébol, en el centro, en marzo de 2008. Los mismos están localizados principalmente a lo largo de los cauces rellenados de antiguas quebradas.

Múltiples formas de deslizamientos

Definidos como movimientos de masa en la superficie terrestre, los deslizamientos son denominados con múltiples palabras, tales como derrumbe, asentamiento, corrimiento, reptación, desplazamiento, hundimiento, formación de grietas, colapso de cavernas o minas, caída de rocas, desprendimiento (lento o rápido) sobre vertientes o laderas, de masas de suelo o de rocas, –falla– en cortes o taludes de laderas, vías, canales, excavaciones (OSSO y LA RED 2009).

Son los más numerosos y mortíferos tanto en el reporte de Peltre (114 entre 1900 y 1986) como de acuerdo a DesInventar (267 en Quito y 435 en todo el DMQ entre 1970 y 2019). Peltre (1989) hace un análisis bastante detallado sobre el incremento de los deslizamientos con la urbanización de las áreas de laderas, primero en el Centro Histórico (Panecillo, Placer, La Libertad), luego en San Juan, Toctiucó, Colmena Itchimbia, Luluncoto, Puengasí, etc., eventos que ya no se presentan tras la estabilización de los taludes mediante la construcción de muros. En DesInventar también se puede determinar que los eventos siguen el patrón de expansión urbana de la ciudad a partir de los años ochenta hasta la actualidad, tanto en el sector de las laderas del norte y sur como en las estribaciones hacia los valles de Cumbayá, Tumbaco, Conocoto, etc.

Los derrumbes se dan típicamente en taludes de entre cinco y diez metros de altura, como consecuencia de los cortes de las laderas para construir calles y viviendas, disparados por precipitaciones intensas o lluvias acumuladas durante varios días o semanas. En ocasiones también la escorrentía no controlada puede generar socavación del suelo y deslizamientos en ausencia de sistemas de drenaje pluvial.

Aluviones

De acuerdo a DesInventar, los aluviones o flujos de lodos y escombros son avenidas torrenciales o flujos violentos en un cauce con arrastre de grandes cantidades de material sólido (lodos, gravas, troncos y bloques de rocas), que usualmente ocurren en cauces secos (OSSO y LA RED 2009). Los flujos de lodos están compuestos, al menos en un 50 %, por materiales finos (arenas, limos y arcillas), mientras en los flujos de escombros o detritos predominan los materiales gruesos (piedras y grandes rocas) (Ishikawa 1989).

Pierre Peltre (1989) destaca dos eventos: los de la quebrada La Raya y el de La Gasca, y señala que en ambos casos la causa fue erróneamente atribuida por la prensa a embalsamientos, cuando la verdadera causa fue la precipitación excepcionalmente alta. En el caso de La Raya, estimó una intensidad de 60-80 mm/h con una duración de 30 minutos.

Las lluvias son el principal mecanismo de desencadenamiento de los flujos de lodos y escombros y también pueden ser originados por la erosión del cauce y taludes, deslizamientos-represamientos, e incluso por la erosión en laderas. Según Takahashi (1991), las probabilidades de ocurrencia de aluviones aumentan cuando la intensidad de la lluvia excede los cuatro mm en diez minutos (24 mm/h) y ocurren sin falta cuando excede los siete mm en diez minutos (42 mm/h). La intensidad crítica de inicio de flujos de lodos y escombros ha sido determinada por Tatizana et al. (1987).

El aluvión de La Gasca

El 31 de enero de 2022, a las 18:05, se produjo un gran aluvión en la quebrada El Tejado que desbordó las obras de protección junto a la avenida Mariscal Sucre, encausándose por la calle Berrutieta y luego por las calles Núñez de Bonilla y por la av. La Gasca. El evento ocasionó la trágica y lamentable pérdida de 28 vidas humanas, así como graves impactos materiales. El área de afectación directa fue de aproximadamente 1462,29 ha y 3,2 km de longitud (UCE 2022).

En el registro de la Estación P28, en Cruz Loma, operada por la EPMAPS, se determinó que la lluvia que desencadenó el aluvión inició el 30 de enero a las 22:35 y en 24 horas cayeron 75,2 mm. Previamente, entre los días 27 y 30 de enero, cayeron 55 mm y entre el 1 y el 26 de enero había llovido 80 mm.

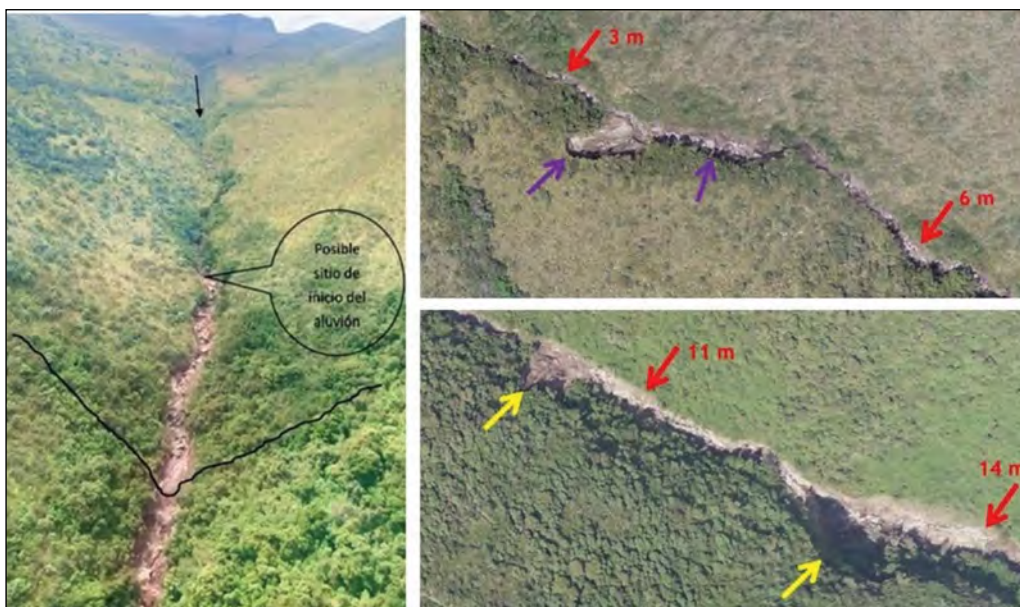
Según el informe de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA 2022), la precipitación del día 31 (75,2 mm/día) superó significativamente el máximo histórico registrado de precipitaciones diarias, que tiene una probabilidad de recurrencia de 0,0238, equivalente a una vez en 42 años. Por otra parte, según registros de la EPMAPS (2022b), la lluvia del 31 de enero de 2022 en la Estación Cruz Loma representa el 58 % de la precipitación histórica medida en el mes de enero y corresponde al valor máximo acumulado en 24 horas desde el inicio de los registros en el 2003, junto a otras cuatro precipitaciones de similar magnitud. Por su parte, la lluvia del día 31 tuvo dos picos, el primero un poco más intenso, de 29,6 mm de lluvia acumulada –que junto a las lluvias de los días previos prepararon las condiciones de ocurrencia–, y el segundo, de 31 mm, que disparó el aluvión. El análisis realizado por técnicos de la JICA concluye que la precipitación de larga duración, más que la alta intensidad, tuvo un impacto significativo en la aparición del flujo de lodo.

Posible tramo de inicio y mecanismo de desarrollo del aluvión

Según JICA (2022), el flujo de lodo del 31 de enero de 2022 se debió principalmente a la falla de los materiales represados, producto de movimientos en masa. Además, la formación y posterior ruptura de múltiples represamientos de material, consecuencias de movimientos en masa, condujeron a un aumento de la magnitud y la energía del flujo de lodo, creciendo así el impacto o el riesgo que suponen los flujos de lodo. El posible represamiento de la quebrada reportado en este estudio en el sitio aguas arriba de la vía de acceso a la obra de dissipación de energía, a aproximadamente 3100 msnm, a criterio del autor, no fue producto de un movimiento en masa en el sitio, pues los propios técnicos hablan de una “cicatriz y deslizamiento poco profundo en la parte inmediata superior del represamiento”.

El autor considera que, muy probablemente, el aluvión se inició en el tramo superior de la quebrada, a aproximadamente 3650 msnm, como se observa en la fotografía izquierda de la figura 3.7, y que no hicieron falta represamientos para el inicio. Al contrario, los numerosos pequeños deslizamientos registrados fueron consecuencias del flujo a gran velocidad que bajó por la quebrada y que se fue alimentando de la erosión del cauce y de los deslizamientos de los taludes (figura 3.7). El incremento a 11 metros del nivel de flujo en el sitio reportado por JICA se debió, posiblemente, al estrechamiento de la sección transversal y a la disminución de la gradiente de la quebrada en ese tramo.

Figura 3.7. Fotografías del aluvión de La Gasca



Nota: izquierda, evidencia de posible inicio del aluvión a aproximadamente 3600 msnm (fotografía del autor). Derecha, evidencia de pequeños deslizamientos en los segmentos alto y medio de la quebrada (3900-3600 y 3600-3200 msnm) (Andrade et al. 2022).

Sobre el aluvión de La Gasca del 25 de febrero de 1975, el Prof. Tomas Feininger estableció que “los escombros procedieron de la erosión del lecho a causa de una creciente de magnitud extraordinaria [...] causada por una lluvia excepcionalmente fuerte y de corta duración”, precedida por lluvias acumuladas de más de 30 días. Señala que se registraron tres deslizamientos de tierra pequeños, de centenares de m^3 , que añadieron poco material al flujo de escombros (Feininger 1975). Él estimó el volumen del aluvión en 52 000 m^3 y registró que rocas de hasta tres m llegaron a 250 de la boca de la quebrada en la calle Ritter, rocas de un m llegaron hasta la calle Carvajal y rocas de hasta 50 cm llegaron hasta las avenidas América y 10 de Agosto. Un informe de técnicos del ex Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI) estimó el caudal pico de 136 m^3/s . En el evento de 2022, los bloques grandes y medianos quedaron atrapados en el reservorio de la entrada al colector junto a la av. Mariscal Sucre (figura 3.8).

Efecto de la supuesta falta de limpieza de la quebrada en la magnitud del aluvión

La quebrada El Tejado fue inspeccionada por técnicos de la Unidad de Mantenimiento de Captaciones en Quebradas de la Gerencia de Operaciones el 22 de septiembre y el 14 de diciembre de 2021. En esas fechas, la estructura de captación estaba totalmente operativa. Por otra parte, es impensable que rocas de hasta siete toneladas de peso (figura 3.8), como las que se depositaron y extrajeron del reservorio junto a la captación de la av. Mariscal Sucre, podían haber sido removidas previamente del cauce o taludes, por lo cual se desestima por completo que la magnitud del fenómeno haya ocurrido por una supuesta “falta de limpieza de la quebrada”.

Figura 3.8. Fotografías en el sitio de la toma de captación del colector y embalse



Fuente: Técnicos de la EPMAPS.

Nota: izquierda, tamaño de los bloques retenidos y extraídos del reservorio, en el sitio de la toma de captación del colector, junto a la av. Mariscal Sucre. Derecha, obra de toma en el reservorio, a la entrada del colector, antes y después del aluvión.

Según la modelación hidrológica realizada por el Departamento de Ingeniería de Proyectos de la Gerencia Técnica de la EPMAPS con posterioridad al evento (EPMAPS 2022a), el volumen de agua generado por la lluvia fue de 15 120 m³, que, sumados al volumen de sólidos limpiados de lodos y escombros –de 21 227 m³–, arroja un total de 36 347 m³, alrededor de ocho veces el volumen de 4500 m³ del reservorio construido por el proyecto Laderas del Pichincha en el sitio de ingreso al colector. Si se asume una duración estimada de cinco minutos para ocurrencia de la onda de crecida calculada como un hidrograma triangular, el caudal máximo es 242,3 m³/s. Andrade et al. (2022) estimaron un caudal de entre 150 y 200 m³/s y un volumen de 30 a 35 mil m³.

En la Q. El Tejado, el caudal de agua pura calculada es de 5,44 m³/s para 50 años de retorno (Zevallos 1995b). La capacidad de los dos colectores construidos luego de la toma de captación es de 1,5 m³/s y 3,5 m³/s, respectivamente. La crecida de agua calculada con Tr = 1000 años para el dimensionamiento de las estructuras en esta quebrada es de apenas 11,2 m³/s (EGESCO 1994). En consecuencia, como se puede ver, la ocurrencia de un evento extraordinario, como lo es un flujo de lodos y escombros, puede ser más de un orden de magnitud superior a los caudales hidrológicos, lo que obliga a considerar estos eventos extraordinarios en el diseño hidráulico de este tipo de obras de protección.

Lo que falta por hacer

Como se puede colegir, las amenazas HM representan una problemática amplia y compleja para la ciudad de Quito. Aunque han existido avances y está mejor protegida que hace unas décadas, gracias a toda la preparación e inversión en infraestructura realizadas, todavía es mucho lo que falta por hacer.

A la luz de lo acaecido en enero de 2022 con el aluvión de La Gasca, urge fortalecer la GRD, en especial aquellos de origen HM, sin olvidar los de origen geodinámico, sísmico y vulcanológico.

En particular, es necesario fortalecer la planificación y el control de la ocupación del suelo, especialmente en los bordes de quebradas. Son miles las viviendas en riesgo asentadas en los filos de quebradas y ríos en el DMQ, de tal manera que, a través de cambios normativos, hay que modificar el patrón de ocupación futura de estos espacios. La regulación municipal debería obligar a que los bordes en un ancho de 15 metros sean ocupados por áreas verdes sin construcciones, y que junto a las áreas verdes se implanten las vías y luego las viviendas, de tal manera que estas no queden expuestas a la eventual erosión y deslizamiento de taludes.

Es menester mitigar el efecto del incremento de caudales provenientes de la escorrentía pluvial a causa de la impermeabilización de los suelos, a través de la promoción de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), constituidos por elementos superficiales, permeables y vegetados como parte de la estructura paisajística urbana, complementarios al sistema de saneamiento. Es fundamental implementar y hacer cumplir el principio de que cada urbanizador o propietario de una nueva construcción debe hacerse cargo del exceso de escorrentía generado por la impermeabilización de parte del lote, sea mediante pequeñas obras de retención temporal o con medidas que favorezcan la infiltración.

Ante la probabilidad de ocurrencia de nuevos eventos de magnitud extraordinaria como el aluvión de La Gasca de enero de 2022, es necesario revisar los conceptos de diseño, magnitud y tipología de las obras de protección en las quebradas más críticas (El Tejado, Rumipamba, Rumihurco, Pambachupa, San Carlos, Caicedo, Armero, Vásconez). Esto se lograría mediante la utilización de la ingeniería de obras Sabo, como la realizada en Japón, o la utilización de mallas dinámicas de acero para detención de aluviones, como se hace en los Alpes europeos.

Por la imposibilidad de impedir de manera absoluta la probabilidad de eventos extraordinarios y sus trágicas consecuencias, la Dirección de Gestión de Riesgos de la Secretaría de Seguridad del MDMQ debe implementar Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en las quebradas y ríos que presenten amenazas críticas, lo que, junto con una adecuada preparación de la comunidad, permitiría preservar lo más valioso: las vidas humanas.

Referencias

- Andrade, Daniel, Eliana Jiménez, Camilo Zapata y Francisco Vásconez. 2022. "Origen y Características geológicas del Aluvión de La Gasca 31 de enero de 2022". Presentación en Sesión del Concejo Metropolitano de Quito, 15 de marzo de 2022.
- Armenta Porras, Guillermo Eduardo, Jorge Luis Villa Cedeño y Pablo S. Jácome. 2016. *Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático*. UNDP. <https://bit.ly/4bH7ikP>
- Barreto, Rodrigo. 1994. "Manejo ambiental y prevención de desastres naturales con participación comunitaria: el caso de los barrios populares del noroccidente de Quito". En *Viviendo en riesgo*, compilado por Allan Lavell. Costa Rica: LA RED.
- Beltrán, Franklin. 1995. "Investigación de hietogramas críticos y evaluación del efecto de simultaneidad de tormentas en Quito". Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica Nacional.

- Beltrán, Franklin. 2017. *Lo que esconden las tormentas: Modelación espacio-temporal de las lluvias en Ecuador*.
- Domínguez-Castro, Fernando, Ricardo García-Herrera y Sergio M. Vicente-Serrano. 2017. "Wet and dry extremes in Quito (Ecuador) since the 17th century". *International Journal of Climatology* 38 (4): 2006-2014. <https://doi.org/10.1002/joc.5312>
- EGESCO. 1994. *Estudios definitivos del control de escurrimiento en las laderas del Pichincha. Hidrología, Tomo I. Crecidas*. Consorcio EGESCO.
- EPMAPS. 2009. "Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q". <https://www.aguaquito.gob.ec/>
- 2011. "Estudios de actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el Distrito Metropolitano de Quito. Resumen Ejecutivo. Plan Maestro de Alcantarillado". Hazen and Sawyer.
 - 2014. "Análisis temporal de las lluvias extremas en el DMQ y cálculo de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia". Reporte final. Diciembre.
 - 2022a. "Análisis del evento de precipitación del día 31 de enero en la Quebrada El Tejado". Documento interno, Gerencia Técnica de Ingeniería. 10 de febrero.
 - 2022b. "Informe aluvión que afectó al sector de La Gasca. 31 de enero de 2022". Documento interno, Gerencia Técnica de Ingeniería. 4 de febrero.
 - 2023. "Plan de Expansión del Drenaje Pluvial y de Protección de Ríos y Quebradas". Resumen ejecutivo. Abril.
- Feininger, Tomás. 1975. "El flujo de escombros en La Gasca. Un informe científico". Comunicación interna.
- FONAG. 2022. "Anuarios Hidrometeorológicos. Red integrada de monitoreo hidrometeorológico FONAG-EPMAPS". Quito. <https://www.fonag.org.ec/web/anuario-hidroclimatico/>
- Ingraham, Christopher. 2017. "Houston is experiencing its third '500-year' flood in 3 years. How is that possible?". *The Washington Post*, 29 de agosto.
- Ishikawa, Y. 1989. *Debris Flow*. Vol. III de *Group Training Course in Vulcanology and Sabo Engineering*.
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón). 2022. *Proyecto de Desarrollo de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres en Laderas a Nivel Técnico y Territorial. Informe Resumido del Desastre de La Gasca*. JICA / Nippon Koei Co. Ltd. / Earth System Science Co. Ltd.
- NNUU. s.f. "Datos sobre la Acción Climática", <https://www.un.org/es/climate-change/science/key-findings#temperature-rise>
- OSSO y LA RED. 2009. *DesInventar. Sistema de Inventario de Desastres. Guía Metodológica. Versión 8.1.9*. <https://www.desinventar.org/docs/DesInventar-GuiaMetodologica-2.pdf>
- Peltre, Pierre, coord. 1989. *Riesgos naturales en Quito. Lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*. Vol. 2 de *Estudios de Geografía*. Corporación Editora Nacional.

- Quito informa. 2022. “EPMAPS cuenta con la red hidrometeorológica más completa del país”, <https://www.quitoinforma.gob.ec/2022/05/19/>
- Takahashi, T. 1991. *Debris Flow*. Rotterdam: IAHR / Balkema.
- Tatizana, C., A. Tadashi, L. E. Da Silva y M. C. Médici. 1987. “Análise de Correlacao entre Chuvas e Escorregamentos – Serra do Mar, Cubatao”. 5to. Congreso Brasileiro de Geología, 4-8 de octubre.
- Terneus, A., y Alain Gioda. 2006. “In search of colonial El Niño events and a brief history of meteorology in Ecuador”. *Advances in Geosciences* 6: 181-187. <https://adgeo.copernicus.org/articles/6/181/2006/adgeo-6-181-2006.pdf>
- UCE. 2022. “Análisis preliminar del flujo de lodos de la quebrada El Tejado”. Comisión técnica. Febrero.
- Yépez, Hugo. 2022. “El aluvión del 31 de enero de 2022. Causas del aluvión”. Presentación en Sesión ante el Concejo Metropolitano de Quito, 15 de marzo.
- Zevallos, Othon. 1995a. *Estudio de limpieza y mantenimiento de las estructuras de control y reservorios. Proyecto Protección de las Laderas del Pichincha. Informe final*. BID / EMAAP-Q.
- 1995b. *Estudios hidrológicos complementarios y áreas de afectación por flujos de lodos y escombros. Proyecto Protección de las Laderas del Pichincha. Informe final*. BID / EMAAP-Q.
- 1996. “Ocupación de laderas: Incremento del riesgo por degradación ambiental urbana en Quito, Ecuador”. En *Ciudades en riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*, compilado por María A. Fernández. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina / USAID.
- 2002. “Degradación, vulnerabilidad y riesgo hidrogeomorfoclimático en áreas urbanas de laderas”. En *Memorias del seminario Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres*. Quito: FLACSO.

PARTE II

4 | La planificación del desarrollo local y territorial del Distrito Metropolitano de Quito desde la perspectiva de la gestión de riesgos

Diana Andrea Salazar Valenzuela, Carlos Santiago Robles
Romero y Esthela Elizabeth Salazar Proaño

El crecimiento acelerado y extensivo del DMQ a lo largo de las décadas ha dado lugar a la formación de asentamientos humanos, a menudo autoconstruidos, en áreas inadecuadas para el desarrollo urbano. La alta densidad de población en zonas de alto riesgo debido a un mercado de suelo poco accesible, la informalidad de las construcciones y asentamientos humanos, las modificaciones de taludes para construir, el relleno de quebradas, entre otras prácticas poco técnicas, suponen un contexto complejo para la planificación urbana a mediano y largo plazo. Esta situación plantea inmensos desafíos en términos de gestión del riesgo de desastres y de desarrollo urbano sostenible en el DMQ, puesto que se requieren medidas urgentes para reducir los factores de riesgo sobre el espacio construido, al mismo tiempo que se deben plantear políticas económicas, sociales e intersectoriales eficaces para limitar la ocupación y el crecimiento en zonas de alto riesgo, con la finalidad de garantizar la seguridad y el bienestar de la población.

Este capítulo se enfoca en documentar y analizar la incorporación de la gestión de riesgos de desastres en la evolución de la planificación territorial del DMQ. Esto, a partir de la revisión de estudios y publicaciones de los factores de riesgo, de instrumentos de planificación territorial, marcos normativos y macro programas para la reducción de riesgos de desastres, desarrollados en los últimos 80 años. Es esencial comprender cómo las políticas públicas locales y sus instrumentos de operativización han influido en la prevención y mitigación de riesgos o, contrariamente, han promovido el aumento del riesgo de desastres en ciertos sectores de la ciudad o, inclusive, han generado otro tipo de riesgos, como el social, por ejemplo.

Contexto de riesgos del DMQ

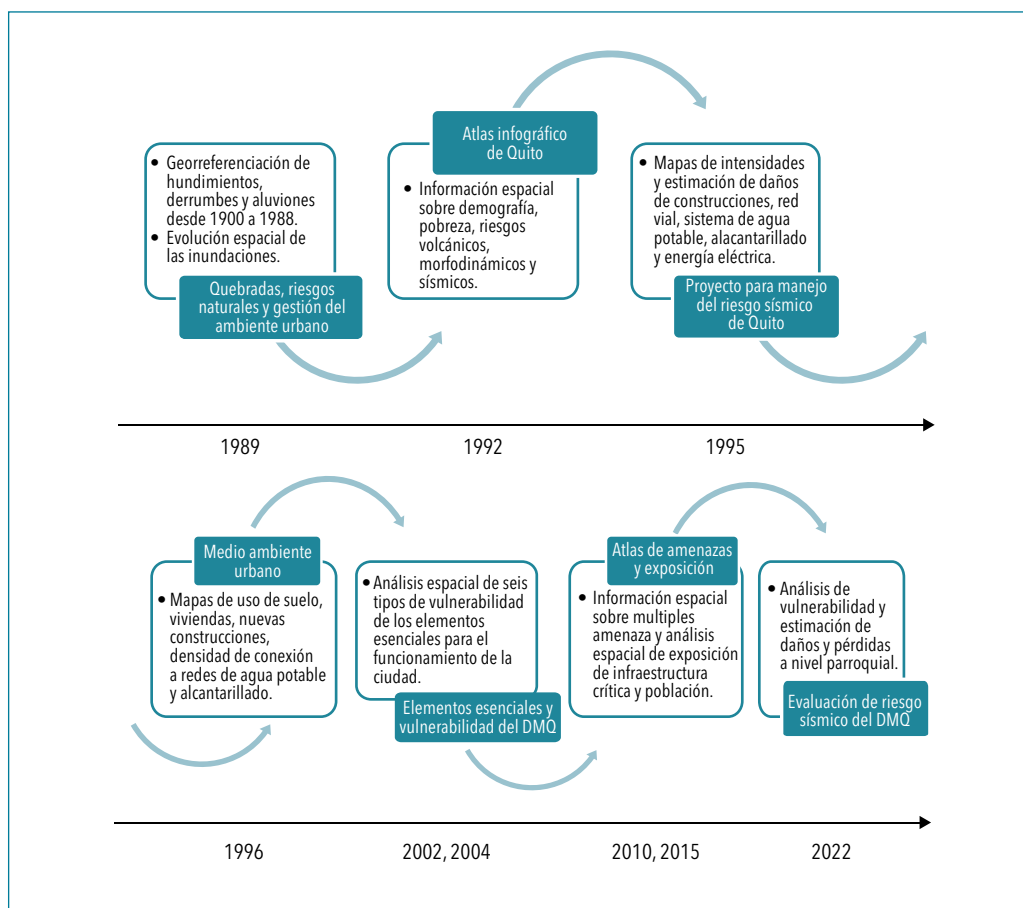
El DMQ se encuentra inmerso en un contexto geodinámico, geomorfológico, hidroclimático y antrópico que lo expone a una amplia gama de amenazas (D'Ercole y Metzger 2004). De acuerdo con el Perfil de Gestión del Riesgo de

Desastres de la Ciudad de Quito (Active Learning Network for Accountability and Performance in Humanitarian Action 2005), todas las áreas dentro del distrito metropolitano enfrentan al menos una de las siguientes amenazas: sismicidad, inundaciones, incendios forestales, volcánicas, movimientos en masa, subsidencia y otras asociadas a la actividad humana. Según el *Atlas de amenazas naturales* (DMQ 2015), alrededor del 70 % del territorio está expuesto a algún tipo de amenaza. En estas condiciones poco favorables se ha expandido la urbe a lo largo de los años. En Quito, se estima que existen alrededor de 800 asentamientos humanos irregulares, ubicados en zonas con pendientes pronunciadas y suelos inestables, lo que decanta en un alto nivel de exposición ante amenazas y, por tanto, de riesgos (Castello y Cueva 2012). La rápida expansión demográfica, el cambio de uso de suelo de protección o rural a urbano, la informalidad, entre otras causas, han generado un contexto de riesgo alto y muy alto en determinados sectores del territorio metropolitano, ante múltiples amenazas.

En este escenario, y según la información recopilada, se evidencia que las distintas administraciones municipales, a lo largo de la historia, se han preocupado por ampliar el conocimiento de los factores de riesgo en el DMQ, como base para una toma de decisiones informada. De igual manera, el énfasis en el estudio de cada factor de riesgo, sea de las amenazas, la exposición, las vulnerabilidades o las capacidades, ha variado según la época. En la figura 4.1 se resumen brevemente los estudios más relevantes que han apoyado la planificación del desarrollo local del DMQ y la generación de programas y proyectos específicos de gestión del riesgo de desastres.

La información recopilada por Peltre, sobre hundimientos, derrumbes y aluviones ocurridos desde 1900 hasta 1988 en la ciudad y sus alrededores, así como de la frecuencia de inundaciones y su evolución espacial, fue la base para la generación de proyectos y programas durante las siguientes décadas, tales como el Proyecto Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Área Metropolitana de Quito (SHISHILAD), el programa Laderas del Pichincha, en su primera fase, y el PSA, en su segunda fase.

Por otra parte, es importante recalcar el aporte a la gestión de la ciudad a partir de la información estadística, geográfica y los análisis realizados en el *Atlas infográfico de Quito*, en relación con el entorno social, económico y ambiental, así como de los riesgos asociados a fenómenos volcánicos, la vulnerabilidad de las viviendas en caso de sismos, datos sobre rutas de tráfico, centros de salud y áreas con dificultades de acceso. De igual manera, fue importante la contribución de la publicación *El medioambiente urbano de Quito* respecto de la información geográfica y los análisis realizados sobre uso de suelo a la fecha, densidad de población, georreferenciación de nuevas construcciones, conexiones domiciliarias a la red pública de agua y alcantarillado. Toda esta información puso sobre la mesa algunas realidades



Fuente: Peltre (1989), Instituto Geográfico Militar (1992), Escuela Politécnica Nacional (1995), Metzger y Bermúdez (1996), D'Ercole y Metzger (2002), D'Ercole y Metzger (2004), DMQ (2015) y Calderón et al. (2022).

y situaciones que se estaban presentando en ese entonces en el territorio y que fueron relevantes para una gestión oportuna y eficiente. Estas dos publicaciones pudieron haber constituido la base de diversas políticas públicas locales sectoriales e intersectoriales durante aproximadamente una década en el Municipio.

Otro documento relevante como base para la generación de planes y normativa asociada fue el Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito de 1992. Con este se estimaron daños y pérdidas en el DMQ en función de escenarios sísmicos hipotéticos. De esta publicación se desprendió una serie de recomendaciones a las máximas autoridades locales y nacionales, muchas de estas implementadas, relacionadas con la creación de un Consejo Asesor para la Seguridad Sísmica en Quito; contar con una evaluación de la vulnerabilidad de edificios, infraestructuras, equipos e instalaciones de atención emergente; el desarrollo de lineamientos para una construcción más segura; el mejoramiento de la planificación para

emergencias y la preparación de planes de reconstrucción; el avance en la investigación social y científica; la elaboración de un código de construcción integral; el diseño y la práctica de planes de respuesta a contingencias; la capacitación del público sobre seguridad en caso de terremotos y preparación para emergencias.

Otro hito importante en materia de información de los factores de riesgo, en apoyo a la formulación de políticas públicas locales, fue la *Vulnerabilidad del DMQ*, publicada en 2004, como resultado de una colaboración de varios años realizada por el Gobierno Francés al Municipio. Este documento centra su análisis en las vulnerabilidades de la población, así como aquellas físicas y funcionales de los elementos esenciales para el funcionamiento de la ciudad, tales como redes de agua y energía eléctrica, movilidad, empresas y población. Conocer los elementos esenciales para el funcionamiento normal del territorio, su distribución espacial y sus diferentes formas de vulnerabilidad es importante para implementar procesos de planificación; este conocimiento toma aún mayor relevancia en momentos de crisis, cuando se deberá garantizar la continuidad de los servicios prestados.

Adicionalmente, en las administraciones de 2010 y 2014, respectivamente, la municipalidad invirtió en la generación de dos atlas, en su primera y segunda edición, que se enfocaron en los análisis y la representación cartográfica de las amenazas presentes en el DMQ y el estudio de exposición de infraestructura crítica. Es importante señalar que la información sobre la recurrencia de eventos peligrosos asociados a movimientos, que se presenta en el primer atlas, constituyó la base de la justificación para desarrollar el Programa de Relocalización de Familias en Alto Riesgo No Mitigable, creado en 2010 y vigente hasta la actualidad, con algunas limitaciones y desafíos, según se mostrará más adelante.

En los últimos años, la administración municipal parece haber retomado el interés por generar estudios sobre algunos factores de riesgo que culminen en instrumentos de uso y gestión de suelo específicos. Es así que, desde el año 2021 hasta la actualidad, el DMQ ha estado desarrollando el Proyecto de Desarrollo de Capacidades para la Reducción del Riesgo de Desastres en Laderas a Nivel Técnico y Territorial, el cual cuenta con la asistencia técnica de la JICA y tiene como objetivos el fortalecimiento de las capacidades institucionales para la evaluación de riesgo de desastres por movimientos en masa, basándose en la investigación, análisis, generación de información temática mediante el mapeo de la amenaza; la evaluación de riesgos por movimientos en masa para generar un sistema de alerta temprana; y utilizar esta evaluación en la reglamentación del uso del suelo en la ciudad de Quito, para que estas propuestas de clasificación de zonas rojas (riesgo alto) y zonas amarillas (riesgo medio) sean identificadas en el Plan de Uso y

Gestión del Suelo del DMQ. Adicionalmente, en 2022, el Municipio, en colaboración con otros organismos, desarrolló el proyecto sobre evaluación de riesgo sísmico del DMQ, que llega a determinar daños y pérdidas potenciales a nivel parroquial ante escenarios sísmicos hipotéticos.

Este nivel de conciencia y responsabilidad asumidos por las máximas autoridades de turno, para administrar un territorio dinámico y complejo en materia de riesgos, con realidades sociales particulares y una coyuntura política relevante, ha coadyuvado a desarrollar una planificación informada, sobre la base de evidencia para la toma de decisiones, ciertas veces adecuadas y oportunas, y en otras ocasiones con varias lecciones aprendidas y desafíos que se mantienen en la actualidad.

Evolución de la incorporación de la gestión de riesgos en la planificación de desarrollo local y territorial

Planes de desarrollo y ordenamiento territorial del DMQ

En el DMQ se han diseñado varios planes a lo largo de las décadas pasadas, que han tenido un impacto importante en la expansión de la ciudad y la planificación de la región. La preocupación de las administraciones locales por el crecimiento y la planificación de la ciudad ha sido notoria. En la tabla 4.1 se presenta un resumen de la incorporación de la gestión de riesgos en los documentos de planificación del DMQ, desde 1942.

Tabla 4.1. Enfoque de la planificación territorial del DMQ (1942-2021)

Año / Período	Plan	Descripción	Enfoque de gestión de riesgos preponderante
1942-1945	Plan Regulador de Quito	Primer plan poscolonial, que segmenta la ciudad por funciones específicas, conectadas por corredores verdes. Tuvo una base fuerte de planificación sobre los hitos geográficos y las áreas verdes, al menos de manera discursiva. En este plan se plantea la idea de limpiar las quebradas y convertirlas en parques.	Gestión ambiental De manera indirecta, prevención de riesgos
1967	Plan Director de Urbanismo	Se caracteriza por contar con un reglamento de zonificación que permite establecer normas específicas en el uso y ocupación del suelo, especialmente con el objetivo de proteger el Centro Histórico.	Vulnerabilidad física de edificaciones patrimoniales
1973	Plan Director de Quito y su Área Metropolitana	Propone el carácter regional de Quito, debido a aspectos como: crecimiento expansivo, fenómeno de conurbación generado por los asentamientos espontáneos y la proliferación de parcelaciones que dan origen a las ciudades dormitorio en su periferia. El crecimiento comercial acelerado del Centro Histórico generó la expulsión de la población hacia los barrios altos de Toctiuco, El Placer, La Colmena, La Libertad y El Panecillo (Cifuentes 2008).	Ciudad región y asentamientos informales
1981	Plan Quito - Esquema director	Se concibió como un instrumento de regulación urbana y legal para controlar y ordenar el desarrollo espacial de Quito y su área metropolitana. En la zona periférica, se comienza a reconocer el problema constituido por la ocupación informal de terrenos en las afueras de la ciudad. Esto se manifiesta con la legalización de los barrios marginales y la regularización de las ocupaciones informales que ya existían, tanto dentro de los límites urbanos como en las áreas de expansión.	Regularización de barrios informales
1992	Plan Maestro de Rehabilitación Integral para las Áreas Históricas de Quito	Marca un hito en relación con la normativa asociada a disminuir la vulnerabilidad física y rehabilitar las infraestructuras patrimoniales, puesto que se desarrolló posteriormente a las afectaciones ocasionadas por el terremoto de 1987.	Reducción de riesgo sísmico
1993	Plan Estructura Espacial Metropolitana	Elaborado en línea con la Ley Especial para el Distrito Metropolitano de Quito de 1993. Busca una ordenación completa de la estructura urbana de la ciudad para abordar los patrones de crecimiento y procesos de conurbación mediante: a) refuerzo de un sistema de gestión ambiental, con el objetivo de establecer un equilibrio adecuado entre la población y el entorno natural; b) enfatiza la atención a los asentamientos humanos informales, clasificándolos como Unidades de Desarrollo Integral, al incorporarlos al área urbana de la ciudad.	Gestión ambiental y regularización de asentamientos humanos informales

* La transformación del DMQ se gestó a partir de la promulgación de la ley correspondiente, un proceso que se inició en 1990 y concluyó en 1993 con la mencionada legislación. Es importante destacar que este proceso marcó el inicio de la consideración de las parroquias rurales en la planificación, siendo este Plan un punto de partida significativo. En su concepción inicial, no abarcaba las áreas noroccidental y nororiental; posteriormente, se realizó una revisión más detallada, con la que se incorporó estas regiones, llevando a una reconsideración más profunda del Plan General de Desarrollo Territorial.

Tabla 4.1. (continuación)

Año / Período	Plan	Descripción	Enfoque de gestión de riesgos preponderante
2004	Plan Estratégico Equinoccio 21	Se concibió con la idea de contar con un mapa de trabajo para que el desarrollo del DMQ se hiciera de manera estratégica, organizada e igualitaria para sus pobladores. El objetivo es lograr un enfoque de sostenibilidad, desarrollo humano sustentable, inclusivo y equitativo. Como políticas generales de actuación, se destaca el proceso de descentralización funcional, promoción de la productividad y competitividad, fomento del territorio como recurso y reporte sustentable. Dentro de su eje estratégico de seguridad, se plantea la identificación de amenazas principales dentro del DMQ, tales como hundimientos y flujos de lodo.	Análisis de amenazas de origen geológico
2001-2006	Plan General de Desarrollo Territorial del DMQ (PGDT)	Nace con la propuesta de la gestión integral de los suelos no urbanizables. En este documento se abordan aspectos clave, como sustentabilidad y manejo ambiental adecuado, a partir del reconocimiento de que el DMQ es un complejo geográfico, ecosistémico altamente vulnerable y sujeto a riesgos naturales. En ese sentido, define tratamientos diferenciados a las áreas urbanas existentes en función de los riesgos. Desde lo ambiental, en este Plan (re)aparece la figura de bosque protector y áreas de protección ecológica circundantes a Quito. El manejo de estas áreas naturales tiene por objetivo lograr la conservación de los recursos naturales renovables, acorde con los intereses sociales, económicos y culturales, la preservación de la flora y fauna, y de las reliquias históricas y arqueológicas.	Análisis de amenazas y exposición, tratamientos diferenciados en zonas de riesgo y protección ecológica
2012-2022	Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial	Tiene como objetivo central la organización espacial y el fomento del desarrollo sostenible en la región, incorporando estrategias para la gestión del riesgo de desastres en su misión, visión, programas y proyectos. Propone medidas clave como: fortalecer la regulación y gestión de un desarrollo urbano y rural equilibrado y sostenible, promover la consolidación del suelo urbano existente, conservar la estructura ambiental principal mediante el Sistema de Áreas Protegidas (SMAP) y Corredores Ecológicos, mejorar la movilidad a través de la Red Distrital de Movilidad, Conectividad y Accesibilidad, fortalecer las centralidades urbanas y rurales, y mejorar los espacios públicos y las áreas verdes en el DMQ.	Gestión de riesgos para un desarrollo sostenible Sistema de áreas protegidas
2015	Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial	Actualización del plan previo, adaptándose a los cambios dinámicos y las necesidades de la ciudad y su población. Este instrumento se construye siguiendo las directrices técnicas establecidas por la Secretaría Técnica Planifica Ecuador. Una de las modificaciones más significativas es la sustitución del Plan de Uso y Ocupación del Suelo por el Plan de Uso y Gestión del Suelo, conocido como PUGS. Desde lo ambiental, en este plan se mantienen las categorías de protección del Sistema Metropolitano de Áreas Protegidas; además, se incrementan las áreas de intervención especial y recuperación de quebradas vivas, localizadas en toda la zona habitada de Quito y sus valles.	Gestión ambiental, recuperación de quebradas

Tabla 4.1. (continuación)

Año / Período	Plan	Descripción	Enfoque de gestión de riesgos preponderante
2021-2033	Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial	Se desarrolla tomando como referencia los lineamientos generales de los instrumentos de planificación internacionales y nacionales, tales como la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, tratados internacionales, agendas urbanas, el Plan Nacional de Desarrollo del Ecuador, agendas nacionales para la igualdad, la Agenda Hábitat Sostenible del Ecuador 2036, Estrategia Territorial Nacional, Estrategia de Resiliencia del DMQ, y el Plan de Gobierno Municipal, entre otros instrumentos de derechos. Este plan establece una visión para el desarrollo sostenible del DMQ hasta 2033, abordando desafíos emergentes como el cambio climático y las dinámicas de crecimiento urbano actuales.	Desarrollo y hábitat sostenible Gestión del cambio climático

A lo largo de los años, las distintas autoridades municipales han reconocido la importancia de abordar el riesgo de desastres como un componente esencial de la planificación urbana, muchas veces de manera coyuntural, tras alguna emergencia, o en respuesta a la dinámica cambiante del territorio. En este sentido, los enfoques han ido avanzando, desde la protección de edificaciones y zonas patrimoniales, áreas verdes, el desarrollo de normativa para mejorar la vulnerabilidad física patrimonial, el reconocimiento de zonas periféricas irregulares, zonas de amenaza y riesgo, la propuesta de sistemas de protección ecológica, hasta la incorporación de tratamientos urbanos específicos y estrategias para gestionar el riesgo de desastres a través de programas y proyectos, en los planes más recientes. Esto refleja una preocupación especial por gestionar los riesgos de parte de las máximas autoridades locales, como componente fundamental de la planificación urbana sostenible en el DMQ.

No obstante, a pesar de la buena intención de estos planes y su riqueza de planeamiento urbano, varios factores han entorpecido su implementación y eficiencia, en particular el crecimiento descontrolado, la segregación espacial y residencial, el mercado y ocupación de suelo informal, la especulación de suelo, la escasa dotación de servicios básicos e infraestructura pública, un modelo de gestión institucional ineficiente e intereses particulares. Ciertamente, debido a una realidad donde predomina la informalidad, el control y la regularización de este crecimiento, así como el planteamiento de políticas sociales, económicas y de empleo, en coordinación con el nivel central, han resultado particularmente difíciles para el cabildo, lo que evidentemente conlleva múltiples desafíos en materia de gobernanza para la gestión de riesgos de desastres, entre otras problemáticas.

En 2011, el ente rector nacional de planificación y desarrollo,¹ elaboró la *Guía para la formulación de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)*, que incorporaba directrices generales para incluir la gestión de riesgos. Sobre la base de estos lineamientos, el PDOT 2012 del MDMQ se centró en la identificación y caracterización de factores de riesgo, la priorización de áreas vulnerables, la evaluación de la infraestructura esencial para emergencias y la promoción de acciones de mitigación. En su actualización, en 2019, el PDOT aún se enfocó en la comprensión y el análisis detallado de las particularidades y necesidades del territorio metropolitano. Es así que incluye la integración de acciones concretas a corto, mediano y largo plazo para abordar desafíos que van desde el desarrollo económico hasta la gestión de riesgos y el cambio climático. Además, se resalta la importancia de contar con estrategias para reducir progresivamente los factores de riesgo, la consideración de enfoques inclusivos y la articulación con regulaciones internacionales para la gestión integral de riesgos y la adaptación al cambio climático.

En 2020, el ente rector nacional de gestión de riesgos, en coordinación con el ente rector de planificación nacional, oficializaron los *Lineamientos para incluir la Gestión de Riesgos de desastres en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)*, mediante Resolución Nro. SNGRE-005-2020. El objetivo de estos lineamientos es orientar la comprensión, vinculación e importancia de la gestión del riesgo de desastres en la planificación y ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) municipales y metropolitanos (Secretaría de Gestión de Riesgos y Secretaría Nacional de Planificación 2020). Sobre la base de estos últimos lineamientos, en la tabla 4.2 se presenta una evaluación de los distintos planes metropolitanos, desde 2004.

De manera descriptiva, se puede determinar que cada uno de estos planes ha demostrado un compromiso constante con la evaluación exhaustiva de las amenazas. Esta persistente iniciativa sugiere una conciencia continua y una voluntad decidida de comprender los riesgos potenciales que podrían afectar a la región a lo largo del tiempo.

La introducción de la cartografía de amenazas de susceptibilidad a partir del Plan General de Desarrollo Territorial (PGDT) en 2006 marca un hito significativo en la evolución de los planes de desarrollo. A partir del PGDT (2006), estos empezaron a abordar no solo las amenazas en términos abstractos, sino también a identificar a la población expuesta y vulnerable. Sin

² Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), actual Secretaría Nacional de Planificación (SNP).

Tabla 4.2. Comparación de los instrumentos de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial (2004-2021)

		PGDT (2006)	PMDOT (2012)	PMDOT (2015)	PMDOT (2021)
Diagnóstico	Identificación de la amenaza	No	Sí	Sí	Sí
	Cartografía de amenazas (susceptibilidad)	No	Sí	Sí	Sí
	Identificación de población expuesta vulnerable	No	Sí	Sí	No
	Identificación de elementos esenciales expuestos	No	No	No	Sí
	Zonificación del riesgo de desastres	No	Sí	No	No
Propuesta	Enfoque de reducción de riesgo en el planteamiento estratégico	Sí	Sí	Sí	Sí
	Programas y proyectos de gestión de riesgos	Sí	Sí	No	Sí
	Categorías de suelo urbano expuesto a riesgos	No	Sí	No	Sí
Modelo de gestión	Estrategia de articulación y coordinación	No	No	No	No
	Estrategia de reducción progresiva de los factores de riesgo	No	No	No	No
	Estrategia de seguimiento y evaluación	No	No	No	No

Fuente: Elaboración propia, en función de los lineamientos desarrollados por el ente rector en 2020.

embargo, el hecho de que el PMDOT (2021) haya optado por no incluir esta identificación podría sugerir un cambio en la estrategia o enfoque en la gestión del riesgo. La exclusión de este aspecto podría indicar una revisión en las prioridades, lo que destaca la necesidad de analizar las decisiones estratégicas adoptadas en este último plan.

La identificación de elementos esenciales expuestos y la zonificación del riesgo de desastres, elementos no considerados en los planes metropolitanos anteriores al PMDOT (2012), introducen una dimensión más detallada en la gestión del riesgo. Aunque el PMDOT (2015) incluyó el reconocimiento de elementos esenciales expuestos, la omisión de la zonificación en este y los planes subsiguientes plantea interrogantes sobre la consistencia en la atención prestada a estos aspectos fundamentales.

La presencia constante de un enfoque de reducción de riesgos en el planteamiento estratégico de todos los planes destaca una preocupación real y una prioridad asignada a la mitigación de riesgos en la planificación municipal. La inclusión generalizada de programas y proyectos de gestión de riesgos en la mayoría de los planes refuerza esta perspectiva, aunque la omisión en el PMDOT (2015) podría indicar un cambio táctico en la estrategia de gestión de riesgos durante ese período específico.

La introducción de la categorización del suelo urbano expuesto a amenazas desde el PGDT (2006) hasta el PMDOT (2021) demuestra una comprensión de los riesgos en términos abstractos, pero además una atención específica a la ubicación y la exposición del suelo urbano ante posibles amenazas.

En relación con el modelo de gestión, se observa una carencia generalizada en todos los planes, ya que ninguno incluye estrategias detalladas de articulación y coordinación con otros niveles de gobierno, la reducción progresiva de factores de riesgo o un sistema efectivo de seguimiento y evaluación. Esta ausencia sugiere una oportunidad clara de mejora en la implementación de los planes y en la gestión de riesgos de desastres en el DMQ. La falta de un modelo de gestión detallado podría limitar la efectividad de las acciones planificadas y subraya la necesidad de desarrollar enfoques más robustos y sistematizados en futuras iniciativas de planificación y gestión de riesgos en la región.

Normativa específica para la planificación territorial con enfoque de reducción de riesgos de desastres

Las zonas de riesgo

La Ordenanza Metropolitana 171, promulgada en diciembre de 2011, estableció la identificación de polígonos con categorías específicas, conocidos como *zonas de riesgo* (ZR). Después de un análisis geoespacial de estabilidad de suelo, pendiente y recurrencia de eventos peligrosos asociados a movimientos en masa, la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda inició un proceso de zonificación de sectores de alta susceptibilidad a movimientos en masa. Estas zonas fueron divididas entre “no ocupadas” (ZR1) y “ocupadas” (ZR2), las cuales resultaron en una zonificación diferenciada, sobre la base de este tipo de susceptibilidades y la recurrencia de eventos peligrosos asociados. Las ZR1 eran zonas de alta susceptibilidad a movimientos en masa, no ocupadas, pero que presentaban presiones de expansión urbana, de ahí la importancia de protegerlas. Las ZR2 eran zonas de alta susceptibilidad, ya ocupadas y con evidencia de ocurrencia de eventos peligrosos recurrentes, donde era necesario limitar su población y crecimiento en altura.

Esta herramienta de gran valor en materia de reducción de riesgos y planificación sensible a estos aportó, además, con la generación de una “conciencia ciudadana” sobre los riesgos asociados a movimientos en masa, sobre la base de un análisis espacial de este tipo de fenómenos. Esta medida sentó las bases para una planificación territorial a detalle, considerando las características y riesgos particulares de diferentes áreas del DMQ.

Por su parte, la Ordenanza Metropolitana 0127, promulgada en julio de 2016, integró las ZR en el PUOS (2016). Estas ZR se categorizaron en tres tipos de suelo:

- Categoría de suelo de protección ecológica
- Categoría de suelo agrícola residencial
- Categoría de suelo residencial urbano

Aunque las ZR no fueron eliminadas, al integrarlas en las categorías mencionadas del PUOS perdieron visibilidad y un valor agregado de “concienciación a la población” sobre la problemática asociada a los riesgos ante movimientos en masa. La “afectación” por condición de riesgo ante movimientos en masa y por presencia de lahares puede ser consultada de manera individual por el propietario, en el Informe de Regulación Metropolitana (IRM). Sin embargo, esta información sobre zonas de especial atención por este tipo de amenazas deja de ser pública y pierde un valor agregado de sensibilización ante este tipo de riesgos. Si bien esta medida sigue siendo importante en materia de prevención de riesgos, pierde el valor de representación de los riesgos en el territorio en los mapas generales de uso y ocupación de suelo y, por tanto, sobre la percepción de riesgos de la ciudadanía.

Otro aspecto crucial de la normativa urbana en el DMQ es la edificabilidad en zonas expuestas a amenazas. Para los lotes ubicados en estas áreas, se establecen requisitos rigurosos que incluyen una evaluación del nivel de riesgo, un estudio de estabilidad de taludes, estudios técnicos de medidas de mitigación y estudios geotécnicos. Si bien estos avances son importantes, el control sobre el cumplimiento de los mismos sobrepasa las capacidades de la municipalidad, que en los últimos años ha invertido en contar con una Agencia Metropolitana de Control.

Plan de Uso y Gestión de Suelo

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) es la herramienta más importante de planificación dentro de los GAD, sustentada legalmente por la Constitución de la República del Ecuador (2008), el Código de Planificación y Finanzas Públicas (CPYFP) y la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) (Superintendencia de Ordenamiento Territorial 2021). De este modo, según la LOOTUGS, el Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS) es una herramienta orientada a la planificación y administración que tiene como finalidad definir los modelos de manejo del suelo y su financiación para el progreso, a través de la implementación de reglamentos urbanísticos que identifican y explican de manera clara y detallada los derechos y responsabilidades de los propietarios sobre sus terrenos

o edificaciones. Este plan abarca los aspectos estructurales y urbanísticos del área del cantón.

En ese sentido, el PUGS del DMQ es el instrumento de planificación que tiene como objeto establecer el planeamiento territorial y urbanístico del suelo urbano y rural para la asignación de normativa urbanística con el uso, la ocupación, la edificabilidad, la gestión del suelo y del desarrollo urbano.

En el PUGS del DMQ no se realiza un análisis detallado de la exposición a diversas amenazas al determinar los tratamientos urbanísticos. Es así que, por ejemplo, dentro de la leyenda de los Polígonos de Intervención Territorial (PIT) del PUGS, no se especifican criterios de riesgos, únicamente se tienen áreas delimitadas homogéneas de conservación y protección, sin detallar su descripción. En cuanto a los estándares urbanísticos, el PUGS del DMQ no ha establecido usos de suelo que proporcionen protección contra riesgos, tanto en áreas urbanas como rurales. Con respecto a la edificabilidad, el PUGS del DMQ incluye la categorización PQ (Protección de Quebradas). Estos códigos incluyen restricciones para la subdivisión de lotes. Sin embargo, esta codificación no se refleja en un formato cartográfico, lo que dificulta la identificación de la interacción entre las distintas zonificaciones y sus usos principales, complementarios y restringidos.

Por otro lado, se han encontrado ciertas inconsistencias en la aplicación del PUGS, en relación a las condiciones de riesgo, por ejemplo:

- En la Administración Zonal Valle de Los Chillos (sector av. Ilaló, Alangasi) se evidencian tratamientos de sostenimiento, potenciación y desarrollo en áreas de peligro volcánico por lahares y movimientos en masa, a la vez que se permite la edificabilidad de tres y cuatro pisos.²
- En la misma Administración Zonal Valle de Los Chillos, en las faldas del Ilaló (sector-Tumbaco), también se destaca la presencia de urbanizaciones en sectores propensos a movimientos en masa y deslizamientos.
- En la Administración Zonal Eugenio Espejo (sector El Bosque) se evidencian tratamientos de potenciación, mejoramiento integral y sostenimiento en zonas colindantes con conservación; es decir, no existe una franja de transición que amortigüe el cambio entre el desarrollo urbano y los suelos de conservación natural.

² Es importante mencionar que anteriormente el DMQ mantenía densidades bajas de ocupación en estas zonas, donde la normativa no permitía el fraccionamiento de lotes ni el crecimiento en altura, con un enfoque de reducción de riesgos por potencial paso de lahares.

Programas y proyectos para la reducción de riesgos de desastres

Proyecto Laderas del Pichincha y Programa de Saneamiento Ambiental (PSA)

A inicios de 1980, la municipalidad, a través de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y con el financiamiento del BID, implementó, en una primera fase, el proyecto Laderas del Pichincha. Este tuvo como principal objetivo controlar el flujo de las aguas de lluvia en los flancos del volcán Pichincha, a través de obras de contención de aluviones; en total se construyeron 170 obras mayores y 80 de menor dimensión, en 32 quebradas de la zona norte de la ciudad. De manera complementaria, se implementaron medidas para el manejo de desechos, se instalaron estaciones hidrológicas y se realizaron campañas de información a la población.

En una segunda fase, el PSA, implementado en las zonas centro y sur de la ciudad, tuvo como principales actividades la construcción de pequeñas obras de retención de aluviones, el mejoramiento de la red de desagüe, la información a la población y procesos de reubicación de viviendas y familias situadas en zonas de alto riesgo ante movimientos en masa. Estos proyectos han sido reconocidos a nivel nacional y regional por su enfoque integral de intervención y por los hitos alcanzados, que incluyen, entre otros, la disminución del riesgo ante movimientos en masa en las laderas del Pichincha, el manejo ambiental y el control de la ocupación de sus principales quebradas.

Programa de relocalización

En el año 2010, el DMQ atendió más de 83 emergencias relacionadas a derrumbes e inundaciones en varios sectores de la ciudad, ante lo cual los quiteños demandaron acciones urgentes a la administración municipal (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional 2011). Es así que la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad ejecutó el Plan de Relocalización Emergente de Familias Asentadas en Zonas de Alto Riesgo No Mitigable en el DMQ (Resolución Administrativa No. A-0018 del 5 de mayo de 2010). Según se menciona en la Ordenanza Metropolitana 331, este plan tenía como objetivo

alentar la desocupación de áreas en riesgo para precautelar las vidas de las familias ubicadas en sectores críticos de los mapas de amenazas del Distrito Metropolitano de Quito y brindar soluciones socialmente justas y adecuadas al perfil socioeconómico y cultural de cada una, que demuestre un cambio positivo en la calidad de vida de las personas reasentadas.

Adicionalmente, con la finalidad de regular el proceso de valorización y financiamiento para la relocalización de familias damnificadas y en alto riesgo no mitigable se expedieron las ordenanzas número 331, en 2010, y sus reformativas 396 y 007, en los años 2013 y 2019, respectivamente. Actualmente, el mencionado proceso se encuentra detallado en el Título IV del Código Municipal. El plan de relocalización es liderado por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR), en coordinación con varias entidades que intervienen a lo largo de todo el proceso, entre estas están las administraciones zonales, la DMGR, la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, la Empresa Pública Metropolitana de Hábitat y Vivienda, la Dirección Metropolitana de Catastro, la Dirección General de Bienes Inmuebles, la Administración General y la Dirección Financiera. El financiamiento para la vivienda de relocalización constaba de tres fuentes: el Municipio de Quito, la entonces Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, para lo cual se han suscrito varios convenios desde 2012.

El número de familias incorporadas al programa de relocalización ha ido disminuyendo con el tiempo; el mayor auge se dio en los años 2011 y 2012. Si bien con el arranque del programa se reubicó a numerosas familias calificadas en riesgo por deslizamientos hacia conjuntos habitacionales construidos para el efecto, es notoria la reducción de familias incorporadas a partir del cambio de autoridades en 2014. Esto permite deducir varias causas: a) el cabildo de entonces no priorizó este programa como parte de

Tabla 4.3. Familias incluidas en el programa de relocalización (2010-2021)

Años	N.º de familias incorporadas
2010	51
2011	523
2012	122
2013	77
2014	73
2015	14
2016	5
2017	5
2018	0
2019	0
2020	3
2021	1
Total	874

Fuente: DMGR (2021).

las políticas de reducción de riesgos de desastres del DMQ, b) la demora en la construcción de las unidades habitacionales, especialmente de Victoria del Sur, c) conflictos sociales que fueron presentándose en los conjuntos habitacionales donde fueron reasentadas las familias de la primera fase del programa. Actualmente, en las zonas calificadas como de “alto riesgo no mitigable”, como Paluco, muchas familias permanecen, otras han migrado a otros puntos de la ciudad, mientras otras arriendan sus viviendas a terceros. La problemática social de los conjuntos habitacionales de las primeras familias reasentadas persiste.

Ciertamente, el programa de relocalización representa un gran desafío para la municipalidad hoy en día, debido a varias limitaciones y problemas que se han presentado con el tiempo. Este programa arrancó sobre la base de un convenio con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), lo que refleja una articulación importante con políticas de vivienda a través del ente rector nacional. Sin embargo, esta política no fue concebida de una manera integral. Si bien trata de resolver la problemática de déficit de vivienda segura, no incorpora soluciones de índole social o de empleo, que apoyen la restitución de los tejidos sociales de la población y sus medios de vida. Por esta razón, esta política no ha logrado reducir las vulnerabilidades sociales estructurales de la población objetivo y, al contrario, se han generado otros riesgos asociados a la violencia, la inseguridad y el microtráfico en algunos conjuntos habitacionales donde fueron reubicadas las familias.

Programa de regularización de barrios

En el DMQ, el desarrollo de asentamientos informales es consecuencia del crecimiento urbano poco controlado, así como de la ausencia de políticas de mercado de suelo y vivienda accesible para toda la población. Estos asentamientos, debido a su situación de informalidad, carecen de infraestructura y servicios básicos, y en la mayoría de casos están ubicados en zonas de alta amenaza, con viviendas precarias de alta vulnerabilidad física, lo que representa un alto riesgo a múltiples amenazas, a la vez que afecta la calidad de vida de sus habitantes (Mena 2010). Ante esta problemática, la administración municipal ha plasmado su preocupación en diversos instrumentos de planificación a lo largo de varias décadas (según se observa en la tabla 4.1), además de elaborar estrategias específicas, a través de normativa e instrumentos, para dar solución a la informalidad. Por ejemplo, los “asentamientos humanos de hecho” fueron incorporados a la estructura urbana (Ordenanza 2123). Posteriormente, en 1990, se planteó por primera vez la legalización de asentamientos informales (Ordenanza 2708). En 2001, se estableció un proceso integral de regularización (Resolución 070) que consistía en agilizar los procesos de legalización de suelo, el diseño y ejecución de planes

integrales de mejoramiento barrial, planes de mitigación de riesgo, la promoción del desarrollo urbano y social de los barrios, y la dotación de servicios básicos e infraestructura urbana (Mena 2010).

En 2010, el cabildo conformó una dependencia especializada y dedicada exclusivamente a implementar un programa de regularización, denominada “Unidad especial regula tu barrio”, con el objetivo de legalizar 439 barrios (de manera inicial), que, posteriormente, a 2012, ascenderían a 800 (Castello y Cueva 2012). Este programa tuvo varios objetivos: reconocer estos asentamientos, otorgar la titulación de predios e implementar servicios básicos y la infraestructura necesaria. Los asentamientos humanos de hecho y consolidados fueron declarados de interés social. En esta misma ordenanza se dejó establecido el proceso integral de regularización, que consiste en la habilitación del suelo mediante su fraccionamiento; proporcionar infraestructura pública, áreas verdes; el mejoramiento del barrio; disminuir la ocupación de suelo en zonas de riesgo mediante la relocalización; titularización individual de los lotes; provisión de obras de infraestructura a través de la gestión pública o municipal, o la gestión de los propietarios (Ordenanza 0147, 2016, 13).

Como parte de los procesos de regularización, la administración municipal exige un informe de evaluación de riesgos, a cargo de las administraciones zonales y, de manera complementaria, de la DMGR. En estos informes se recomienda implementar medidas de mitigación de riesgos estructurales o no estructurales, las cuales deben ser realizadas por el barrio a regularizar, dejando por sentado este compromiso en las ordenanzas individuales de regularización. Es así que, desde 2010, se han regularizado 700 asentamientos informales en el DMQ; sin embargo, la actual administración municipal identificó 400 asentamientos humanos sin regularizar desde 2022, a la espera de evaluaciones de riesgo (*Primicias* 2023).

Desde un enfoque integral de intervención, que tiene que ver no solo con la regularización del asentamiento informal, sino con el mejoramiento del barrio, la dotación de servicios básicos y la implementación de medidas de mitigación, este programa contribuye a la reducción de riesgos de desastres en zonas críticas de alto riesgo del DMQ. No obstante, la regularización de los barrios pasa por la discusión y aprobación del Concejo Municipal previo a la sanción por medio de ordenanza, proceso en el cual se conjugan ciertos intereses particulares sobre el bien común y, en este sentido, pudiesen limitar o ajustar el alcance de las intervenciones necesarias para mitigar los riesgos de manera efectiva.

El avance en el conocimiento del riesgo en el DMQ como base para la toma de decisiones ha sido vital para abordar los desafíos de un territorio complejo y dinámico. El DMQ ha progresado, desde la recolección inicial de datos sobre eventos pasados hasta representaciones de análisis detallados sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, lo que ha permitido una comprensión integral de los factores de riesgo en el DMQ. Se observan avances considerables a partir de la década de los noventa sobre información asociada a las amenazas, vulnerabilidades sociales, económicas y físicas, así como escenarios de riesgo, especialmente ante eventos de origen sísmico y volcánico. En el primer quinquenio de 2000, a partir de información actualizada del censo, se genera un cúmulo de información centrada en la comprensión de las vulnerabilidades de la población, del territorio y su funcionamiento, en relación con múltiples amenazas.

Posteriormente, entre 2010 y 2015, la planificación y los programas desarrollados por el Cabildo fueron desarrollados sobre la base de información asociada a las amenazas y la exposición, así como a la recurrencia de eventos peligrosos. Posterior a este período, el cabildo retomó la preocupación por una planificación informada sobre los riesgos en su sentido más amplio y, a través de estudios específicos sobre riesgo sísmico, cuantificación de exposición de población y bienes en bordes de quebrada, riesgos a movimientos en masa, entre otros, se empezó a delinear una “nueva era” de la planificación local en el DMQ, en lo que alguna vez fue un territorio referente de la gestión de riesgos de desastres.

Por otro lado, la comparación entre instrumentos de planificación territorial permite inferir una evolución en la incorporación de la gestión de riesgos de desastre en la planificación del desarrollo local del DMQ. Así, se han identificado áreas donde los planes han mantenido una consistencia en sus enfoques a lo largo del tiempo, y también aquellas en las que se han producido cambios y ajustes. A lo largo de los años, se ha mantenido como constante la preocupación por la identificación y comprensión de amenazas y la protección de quebradas y zonas ecológicas, lo que ha contribuido a la elaboración de cartografía temática por tipología, así como la zonificación de áreas de protección, con fines de prevención de riesgos. Sin embargo, se observa un quiebre en la inclusión de ciertos elementos en planes más recientes, como la vulnerabilidad de la población en el PMDOT (2021) y la zonificación del riesgo de desastres en el PMDOT (2015).

Las políticas de reducción de riesgos en el DMQ han tenido un impacto significativo en la gestión de riesgos y el desarrollo urbano. Iniciativas como el PSA han abordado la protección de la población y de zonas sensibles desde un enfoque ambiental pionero en el país y de referencia internacional.

A pesar de ello, existen desafíos, incluyendo problemas en la zonificación de áreas de riesgo y la falta de supervisión y coherencia en la aplicación de instrumentos de planificación. Se destaca la necesidad de una aplicación más efectiva de estas herramientas y de políticas públicas integrales e intersectoriales, para garantizar la seguridad y sostenibilidad del desarrollo urbano de Quito. Finalmente, es imperativo desarrollar estrategias efectivas de planificación urbana y mitigación de riesgos que tengan en cuenta la complejidad de estas dinámicas geográficas y demográficas.

Referencias

- Active Learning Network for Accountability and Performance in Humanitarian Action. 2005. "City profiles template: Quito. Risk Management". 3CD City Profiles Series. <https://www.urban-response.org/system/files/content/resource/files/main/cp-quito-08-05.pdf>
- Calderón, Alejandro, Catalina Yepes Estrada, José Marrero, Hugo Yepes, Fausto Alarcón y Jorge Ordóñez. 2022. "Evaluación del riesgo sísmico para el Distrito Metropolitano de Quito". Reporte técnico. <http://bit.ly/4dyTQkk>
- Castello, Paula, y Sonia Cueva. 2012. "Lotización irregular en Quito: impunidad y conflictividad social". CLACSO. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20120410113718/gthi2-23.pdf>
- Cifuentes, Colón. 2008. "La planificación de las áreas patrimoniales de Quito". Centro-h, no. 1 (agosto): 101-114. Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos (OLACCHI).
- D'Ercole, Robert, y Pascale Metzger. 2002. "Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito". Quito: IRD. <https://bit.ly/3UQVTsU>
- 2004. "Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito". *Colección Quito Metropolitano* 23: 496.
- Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos del Distrito Metropolitano de Quito. Base de datos del Plan de Relocalización.
- DMQ. 2015. "Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito". Segunda edición. Quito. <https://www.quito.gob.ec/index.php/municipio/218-atlas-amenazas-naturales-dmq>
- Escuela Politécnica Nacional. 1995. "Proyecto para manejo de riesgos sísmicos de Quito: Síntesis". Quito: TRAMA.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. 2011. "Deslizamientos: 80 barrios en riesgo en Quito". <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/336-deslizamientos-80-barrios-en-riesgo-en-quito>
- Instituto Geográfico Militar. 1992. *Atlas infográfico de Quito: Socio-dinámica del espacio y política urbana*. Quito: IGM / IPGH / ORSTOM. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/126507-opac>

- Mena, Alexandra. 2010. "Regularización de los asentamientos informales en Quito: análisis de las políticas públicas". Tesis de posgrado, FLACSO.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/2383>
- Metzger, Pascale, y Nury Bermúdez. 1996. *El medio ambiente urbano de Quito*. Quito: MDMQ / ORSTOM.
- Peltre, Pierre. 1989. *Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Primicias. 2023. "Quito sigue creciendo de forma desordenada: 400 barrios son irregulares", el 8 de octubre. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/barrios-quito-regularizacion-pabel-munoz/>
- Secretaría de Gestión de Riesgos y Secretaría Nacional de Planificación. 2020. "Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)". <https://bit.ly/4dpCjeB>
- Superintendencia de Ordenamiento Territorial. 2021. "El PDOT: Qué es, cómo y cuándo formularlo". Consultado el 01 de octubre de 2023.
<https://www.sot.gob.ec/2021/09/07/el-pdot-que-es-como-y-cuando-formularlo/>

5 | La gestión de información para la gestión de riesgos: la experiencia de Quito (1993-2023)

Fernando Puente-Sotomayor, Marcelo Yáñez, Diego Jurado y Jorge Ordóñez

La producción de conocimiento se fundamenta en la cadena de valor que inicia con el procesamiento de datos para la generación de información. El inicio de la cadena se caracteriza por la calidad de los datos y metadatos, mientras que el final, por su utilidad cualitativa. En relación con la Gestión Integral de Riesgo de Desastres (GIRD), lograr el conocimiento útil se traduce en la acción efectiva en todas las fases del ciclo: reducción, preparación, respuesta y recuperación. Adicionalmente, este trabajo propone un nivel denominado inteligencia estratégica —concepto extraído de la gestión de la innovación, asociado a la administración y la cultura de sistemas o clústeres empresariales con prospectiva de la demanda (Aguirre 2015; Giler-Vera y Valdés-Pérez 2021)—, en este caso, aplicada a la GIRD. El propósito de la inteligencia estratégica en el uso de datos es hacerlo de forma óptima, sistematizada y de utilidad oportuna y efectiva de la información para la GIRD. Esta propuesta, además, se enmarca en la cadena de valor mencionada, en un entorno sistémico y transdimensional de la reducción de riesgo, como lo proponen Puente-Sotomayor, Egas y Teller (2021).

El presente capítulo propone un panorama de la generación de información y el análisis del uso de los datos para la GIRD derivados de la experiencia de Quito, desde que se estableció como Distrito Metropolitano en 1993. Para este fin, se proponen tres partes: una retrospectiva que derive en un diagnóstico a la fecha, una definición de la problemática actual en cuanto al vínculo gestión de información-GIRD, y, finalmente, una propuesta a partir del aprendizaje previo y una contextualización latinoamericana actual y frente a las tendencias globales, que sugiera acciones estratégicas a futuro para lograr la inteligencia estratégica planteada.

El objetivo de este estudio es lograr un aprendizaje reflexivo a partir del análisis retrospectivo de la gestión de datos e información en el DMQ, con el fin de plantear caminos hacia una inteligencia estratégica de información. El alcance espacial aborda la jurisdicción del DMQ, mientras que el temporal se remonta al establecimiento de este en 1993.

Metodológicamente, los autores guardan la ventaja de tener experiencia profesional con relación al tema, su afinidad con el mismo y antecedentes de coordinación previa entre ellos. Estos antecedentes se aprovecharon para elaborar un estudio de caso retrospectivo basado en el criterio de Robert Yin (2003), es decir, buscando, a través de la construcción retrospectiva –a partir de análisis de documentos de archivo y entrevistas–, entender cómo y por qué sucedieron ciertos hechos en torno a la gestión de información. Este entendimiento de modos y causalidades se complementa, posteriormente, con un estudio crítico sobre el actual y prospectivo uso de los datos y los sistemas de información para la GIRD en Quito.

La estructura del texto surgió a partir de los aportes de cada miembro, que fueron discutidos y consolidados en una primera estructura de manuscrito, de la cual se derivó un desarrollo posterior. Luego se conformaron equipos menores de trabajo relacionados con la estructura del texto (retrospectiva, problemática y prospectiva) y afines a los conocimientos de los autores investigadores para el desarrollo de las temáticas específicas. Sin embargo, todos aportaron con su criterio sobre el trabajo en su integralidad.

Como instrumento general de acopio y análisis-síntesis de elementos informativos/datos del estudio de caso se utilizó una matriz en la que cada investigador, luego de analizar sus elementos informativos, llenó los atributos de estos, incluyendo datos generales, utilidad, contenido sintetizado y una reflexión, con lo que se conformó el desarrollo de cada parte del texto. Estas ideas podían ser reforzadas o contrastadas por otras y discutidas posteriormente en el pleno del equipo investigador. Se realizaron lecturas periódicas del texto y discusiones entre en el equipo para orientarlo con mayor claridad hacia el objetivo del trabajo.

Entre los elementos analizados se incluyeron documentos disponibles en internet que dan cuenta de la conformación de bases de datos, sistemas de información y unidades operativas en torno al vínculo de la gestión de la información y la gestión de riesgos en Quito. La provisión de otros documentos de archivos personales de los autores, y de otros actores, benefició a la investigación, dado que los investigadores formaron o forman parte de la gestión municipal y tienen conocimiento de las condiciones anteriores o actuales sobre la temática de este trabajo. Adicionalmente, se definió un cuestionario simple para entrevistar de manera semiestructurada a algunos actores clave, lo que fue importante para la provisión de comunicaciones personales como aportes para la recolección de datos en la matriz referida y para el cumplimiento del objetivo.

En la tercera parte, de prospectiva y propuesta, se realizó una revisión de literatura académica, mediante la metodología de revisión semi sistemática (Snyder 2019), en la que se enfatizó en el análisis de piezas de información lo más actuales posible. Esto se complementó con reportes de literatura gris,

como documentos de política global, regional y local, para analizar la proyección que pudiera tener la política e implementación de la GIRD, basada en los sistemas de información y gestión de datos en el DMQ.

Momentos de la gestión de información geográfica en el DMQ

Las siguientes subsecciones describen el recorrido institucional, desde los sistemas de información iniciales, y los desafíos que diversos actores municipales y externos atravesaron en la generación, procesamiento, sistematización de datos e información; y, particularmente, en la transferencia de conocimiento para el diseño de políticas públicas efectivas. El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se podría generalizar en tres momentos. Inicialmente fue aplicado solo a la planificación territorial, en la cual se abordó la temática de riesgos de desastres en el DMQ. Estos desarrollos de los SIG en la planificación territorial han contribuido para la mejora –en cierto grado– de la gestión, y como apoyo para que otras entidades municipales desarrollen sus propios sistemas. Estos momentos, en las diferentes entidades municipales, no se han dado a la par, por lo cual, no se puede establecer fechas exactas del desarrollo, y algunas han sido más eficientes que otras en sus procesos de generación e implementación de los SIG.

Los principios de la información geográfica en el DMQ (el SUIM)

El primer momento se establece, y se relaciona directamente, con el proyecto y publicación del *Atlas infográfico de Quito*, en el cual se desarrollan las primeras bases sobre SIG y se digitaliza la información análoga en formatos CAD, para su posterior transformación a SIG.

El 15 de octubre de 1987, tres instituciones ecuatorianas, el Instituto Geográfico Militar (IGM), la sección ecuatoriana del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y, el entonces Ilustre Municipio de Quito se asociaron con el ORSTOM mediante un acuerdo de cooperación para realizar el estudio de la ciudad de Quito. En este, se aborda un capítulo completo referente a los riesgos naturales. Esta no es una obra teórica. Tuvo por finalidad el análisis geográfico de un espacio urbanizado, con base en la producción de una base de datos urbanos (BDU) y el desarrollo de un SIG avanzado y adaptado, el mismo que, en sus inicios, se conocía como Savane y actualmente, SavGis. Por ello, se considera al Atlas como la conjunción del proyecto geográfico y del SIG, o, mejor expresado, como el resultado de una investigación-acción (Instituto Geográfico Militar, Instituto Panamericano de

Geografía e Historia Sección Nacional de Ecuador y L'Institute Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération 1992).

La generación de la base de datos tomó aproximadamente un año y medio. El procedimiento desarrollado fue la digitalización de la información que existía impresa (formato análogo). En este trabajo resaltan la geotecnia, los riesgos naturales, el clima y la hidrografía, relevados a escalas 1:10000 y 1:50000; y la topografía por medio de curvas de nivel en escala 1:50000 (Bermúdez y Godard 2006; Instituto Geográfico Militar, Instituto Panamericano de Geografía e Historia Sección Nacional de Ecuador y L'Institute Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération 1992).

La información que formó parte de la base de datos inicial estaba estructurada considerando la priorización de los problemas del Municipio de Quito, lo que se refleja en el contenido científico del proyecto en los siguientes temas (Fernández 1993):

- Fenómenos urbanos y limitaciones geográficas
 - Quito y su área metropolitana
 - Riesgos naturales y ocupación del espacio
- Articulación estructural entre demografía y socioeconomía
 - Características demográficas
 - Actividades
- Sistemas, jerarquías, funcionamiento y disfuncionamiento
 - Ubicación de los equipamientos y servicios colectivos
 - Redes e infraestructura
- Dinámicas y desigualdades intraurbanas
 - Dinámicas del mercado del suelo y de las propiedades
 - Barrios
- Organizaciones espaciales y segregación social
 - Centralidades urbanas y organización del espacio

La primera etapa del proyecto terminó en octubre de 1991. Paralelamente, en el Municipio de Quito se creó el Sistema Urbano de Información Metropolitana (SUIM). Esto fue planteado dentro de los objetivos del convenio, el mismo que utilizó las herramientas científicas y técnicas desarrolladas en el Atlas, el personal de las cuatro instituciones participantes, con conocimiento de las bondades y limitaciones de la tecnología SIG, y, sobre todo, el Atlas en sí, con más de 400 mapas. Se generó la BDU con alrededor de 1000 variables sobre Quito consolidado (urbano central) y 100 variables sobre Quito Metropolitano, con datos y metadatos actualizados a 1990 (Fernández, 1993).

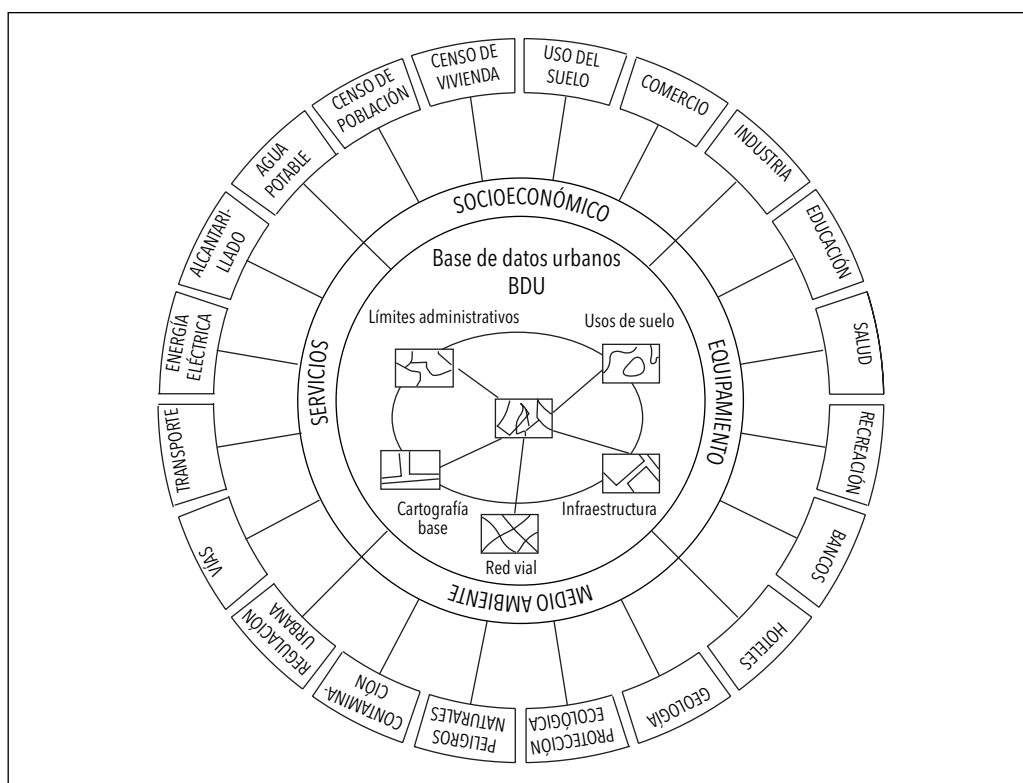
La creación del SUIM ha sido una manera de institucionalizar el sistema de almacenamiento, procesamiento y manejo de información urbana que, a través del programa Savane, administraba la base de datos desarrollada como

instrumento de apoyo para la planificación, administración y gestión del DMQ. Desde 1991, el SUIM fue ubicado en la Dirección General de Planificación (actualmente Secretaría de Hábitat y Ordenamiento Territorial) (Fernández, 1993).

Savane, desarrollado por Marc Souris, parte del equipo científico de la ORSTOM, se constituyó en un sistema de información geográfica que contribuyó a los objetivos científicos de investigación y operativos de la gestión sobre Quito. En este sentido, los desarrollos informáticos tomaron tres rumbos: facilitar la gestión urbana, al producir información y simulación; integrar nuevas fuentes de datos, como fotografías aéreas o imágenes de satélite, y, buscar métodos de actualización para los datos de la base (figura 5.1).

La base de datos del SUIM estaba estructurada en función de la unidad básica de información: sectores y zonas censales, manzanas y nivel predial, o respetando la unidad mínima de la información temática como, por ejemplo, zonas de inundación. Esta información se desarrolló posteriormente a la elaboración del *Atlas infográfico*, por lo cual, juntamente con algunas entidades municipales, en especial con la Dirección de Catastros, se digitalizaron las hojas catastrales con esta información para ser integrada en la base, por medio del *software* Savane (figura 5.2).

Figura 5.1. Estructura relacional de la base de datos del SUIM



Fuente: Fernández (1993).

Figura 5.2. Ejemplo de digitalización de hojas catastrales.
Base de lotes usada en el PUOS 2008



Fuente: BDU desplegado en Savane; SUIM, DGP, MDMQ, del archivo personal de Marcelo Yáñez.

Según Marco Tupiza, informático participante, este proceso se empezó en mesas digitalizadoras y posteriormente se implementó un proceso de escaneado y georreferenciación, con un módulo desarrollado en Savane, para digitalizar en pantalla. Ello permitió optimizar y dinamizar el proceso y no depender de una estación de trabajo, sino que cada computador de la unidad se volvió un punto de digitalización. Con este avance se mejoró el paso de cartografía análoga a digital para su integración en la base de Savane, la que, en sus inicios, fue desarrollada en computadoras Sun con sistema de explotación Solaris (base de lenguaje inicial de Linux). Posteriormente, con la llegada del sistema operativo Windows 95, se hizo el GIS Savane, compatible con el mismo.

Con el apoyo del equipo francés, se desarrolló la página web para Quito, además de que se equipó al SUIM con estaciones de trabajo sum y un plóter, a inicios de los noventa. Aprovechando las nuevas tecnologías, se desarrolló, por parte del técnico local que apoyaba al equipo francés, aplicativos para la visualización de la base de datos de Savane a través de internet. Pero estos desarrollos no tuvieron continuidad, aunque permitieron posteriormente el desarrollo del sistema municipal para emisión del IRM, que en un inicio no tuvo un componente gráfico, pero que después pudo enlazarse a la base catastral, lo que se conserva hasta la actualidad.

Otro proyecto que no tuvo continuidad, y solo se desarrolló en una primera fase, aproximadamente por 2006, fue el Proyecto Espirales, que permitía consultar la información y los metadatos de la geodatabase del SUIM, con información sobre varios temas del DMQ. Este proyecto tenía como meta la posibilidad de realizar consultas y el intercambio de información por medio de una base relacional en PostgreSQL, según Marco Tupiza.

El convenio del IRD con el MDMQ permitió generar investigaciones relacionadas con los riesgos naturales y antrópicos en el DMQ, las cuales propiciaron que se generara nuevas informaciones y se actualizara la base de datos. Estas nuevas etapas de investigación dieron lugar a varias publicaciones de la colección Quito Metropolitano del DMQ, en particular:

- *Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito* (1995)
- *El Medio Ambiente Urbano en Quito* (1996)
- *Mercado del suelo en Quito* (1996)
- *Perfiles ambientales en Quito* (2001)
- *Los lugares esenciales del Distrito Metropolitano de Quito* (2002)
- *La Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito* (2004)
- *Movilidad, Elementos Esenciales y Riesgos en el Distrito Metropolitano de Quito* (2005)

Se generó una valiosa producción de alcance científico que ha sido, hasta hoy, la base conceptual de la gestión territorial y la investigación local. Inclusive, muchas de las publicaciones generadas por el IRD sobre Quito son textos canónicos en varias universidades locales, y conceptos derivados, como el de “elementos esenciales”, son parte del sistema de planificación y GIRD nacional. Esta colaboración tuvo fin a mediados de los 2000.

Iniciativas y esfuerzos para consolidar la gestión de la información

Un segundo momento clave de la gestión de la información georreferenciada en el DMQ fue la estandarización del Sistema de Referencia para Quito. Este permitió unificar en un mismo sistema de proyección cartográfica todo levantamiento de información georreferenciada, adquiriendo así la transferibilidad de la información digital entre las dependencias municipales con mayor agilidad.

En 2007 se expidió una ordenanza metropolitana, propuesta por la Dirección Metropolitana de Catastro, que establece el sistema de referencia espacial (SIRES) y de geolocalización (SISGEO) del DMQ y normas para la realización de trabajos de levantamiento topográfico y catastral georreferenciados, así como su ingreso al sistema de base de datos cartográficos del DMQ. Esta ordenanza permitió transparentar el sistema de referencia espacial SIRES-DMQ. El cumplimiento obligatorio del mismo para todo levantamiento de información ha sido un gran aporte para el manejo de la información espacial.

El sistema de referencia espacial SIRES fue implementado por el Instituto Geográfico Militar como un sistema local, de manera exclusiva para el DMQ. Conocido inicialmente como TM Quito, fue muy poco difundido, lo que generó problemas de compatibilidad entre las diferentes cartografías existentes y la información levantada. Este problema se volvió sistemático y recurrente, lo que ocasionó pérdidas de tiempo causando procesos adicionales para el ingreso en la base de datos cartográficos, además de no permitir establecer la precisión de la información ingresada.

Otra problemática generada fue que el sistema de referencia local del DMQ no era coincidente con el sistema de referencia nacional. En consecuencia, la información proveniente de instituciones nacionales no coincidía espacialmente y se necesitaba, para utilizarla con los datos de la BDU, realizar un proceso de ajuste de proyección cartográfica, que en los sistemas actuales es de muy fácil aplicación.

Esta ordenanza permitió, con el transcurso del tiempo, que todas las dependencias municipales se vieran obligadas al uso de un mismo sistema de referencia espacial, lo que posibilitó estandarizar las diferentes bases cartográficas, fueran SIG o CAD. De esta manera se logró una mayor facilidad para compartir la información, respetando la precisión con la que fueron generados los datos.

Además, la ordenanza creó un respaldo normativo para que las diferentes consultorías o contrataciones cumplan con el sistema de referencia. Así, permitió realizar un mejor control en los productos, y la posibilidad de utilizar los datos producidos en el marco de consultorías como base para nuevos

desarrollos de información, como fue la ortofoto de vuelo alto de escala aproximada 1:5000 de todo el DMQ, generada en 2010. Esta fue compartida con las diferentes dependencias municipales y empleada como base para la actualización del catastro y del PUOS, donde se consideró zonas que se encontraban en riesgo natural y se condicionaba la habitabilidad del suelo (Puente-Sotomayor, Mustafa y Teller 2021; Puente-Sotomayor, Villamarín-Jurado y Cevallos 2023).

Una tercera etapa en la gestión de la información geográfica en el DMQ

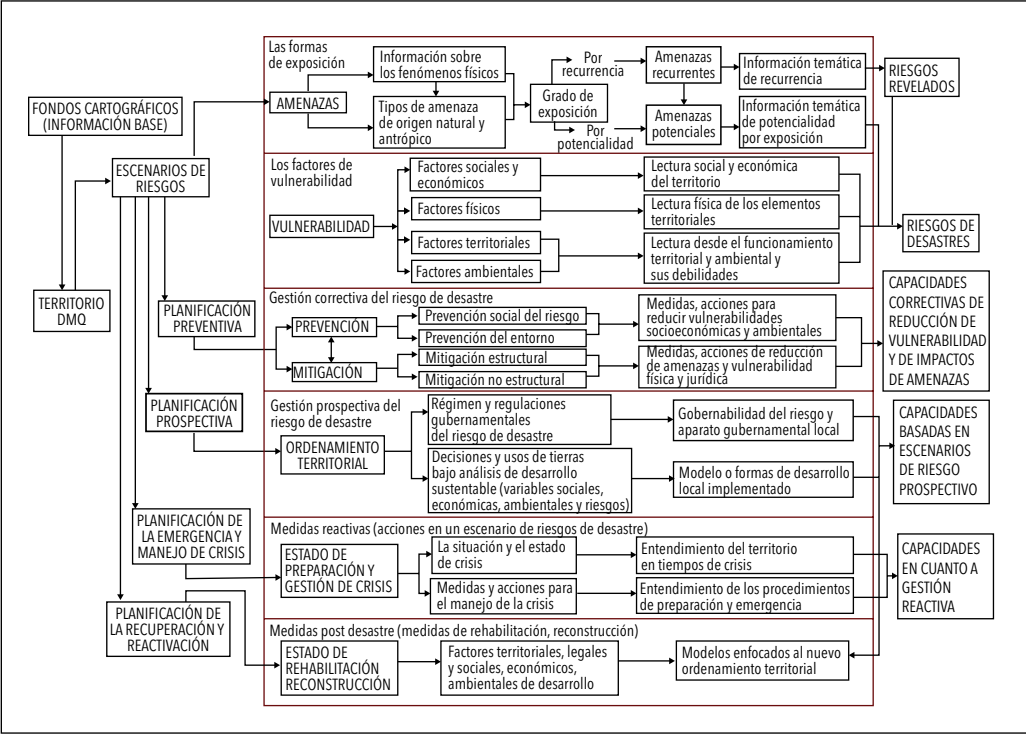
Esta tercera fase se relaciona con la necesidad de las diferentes dependencias municipales de acceder e intercambiar la información generada por medio de los SIG. Esto motivó la realización de bases de datos adecuadas a los objetivos y necesidades de cada una, con el afán de atender sus requerimientos específicos, lo que ocasionó que muchas dependencias duplicaran esfuerzos para la generación de una misma información, como por ejemplo, los ejes viales que fueron generados tanto por la EPMMOP como por la Dirección Metropolitana de Catastro y la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial. Las bases de datos de mayor envergadura se encontraban en las empresas de obras públicas y de agua potable. Desde el Observatorio de Seguridad Ciudadana, a pesar de que este tiene más vinculación con los estudios sobre convivencia y seguridad ciudadana, se generó información sobre riesgos de desastres del DMQ; esta tiene más relación con los eventos dados como, por ejemplo, la base histórica de inundaciones en Quito (Observatorios de Convivencia y Seguridad Ciudadana 2024).

En la segunda mitad de la década de los 2000, con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se promovió una integración de información para la GIRD. Paralelamente, Quito también definió una plataforma institucional de GIRD (gestionada por la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos, DMGR) y de información centralizada (gestionada por la ex Dirección Metropolitana de Información, DMI) que, entre otros ámbitos, buscaban mejorar el vínculo gestión de información-GIRD. La plataforma fue plasmada en el Sistema Metropolitano de Gestión de Riesgos, aprobado por ordenanza en 2008.

Para la DMGR, en 2010-2011 se contrató un estudio de consultoría para el diseño del Sistema de Información Integral de Gestión de Riesgos, para lo cual se levantó información de la cartografía existente en las diferentes entidades municipales y se generó un modelo teórico que se presenta en la figura 5.3.

Este tercer momento involucra la generación de información específica sectorial por parte de cada entidad municipal, como fue el caso de

Figura 5.3. Sistema metodológico conceptual para el desarrollo de la información de la gestión de riesgos en el DMQ



Nota: versión simplificada por Marcelo Yáñez, a partir de la "Consultoría para el Sistema Integral de Información para la Gestión de Riesgos en el DMQ" (consultor: Jairo Estacio). Archivo de Diego Jurado, funcionario de EP Emseguridad.

la información para la GIRD, por parte de la DMGR, en coordinación con otras dependencias sectoriales, la contratación de estudios propios y la coordinación con el Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano, entidad que se creó en 2013 y que ha recopilado datos sobre emergencias y desastres que ocurren en el DMQ.

Para contextualizar históricamente, a partir del año 2000, luego del colapso bancario en Ecuador, se desarrolló, con los resultados últimos de la cooperación francesa, un conjunto de planes territoriales y estratégicos de ciudad, además de otros planes menores. En la década de 2010 se establecieron las bases institucionales, de política y legales de la planificación en varios niveles, que posteriormente se disolvieron por cambios coyunturales políticos, con actuaciones fraccionadas y resultados diversos, sin mayor integración, lo que es analizado en la siguiente parte.

A pesar de que hace más de una década existen ordenanzas metropolitanas y leyes nacionales que exigen que exista coordinación interna e interinstitucional, horizontal y vertical, entre niveles de gobierno y otras instituciones, aún hay desafíos pendientes para que se opere óptimamente esta coordinación, referida a la integración de sistemas de información.

Esta parte, una suerte de cuarto momento de la retrospectiva, recoge los elementos clave expuestos anteriormente para devenir en la actual problemática sobre el vínculo entre la gestión de la información y la acción efectiva de la GIRD. Este análisis se respalda en una casuística selectiva sobre la subutilización de los sistemas de información y de bases de datos para la GIRD.

Fernández (1993) explica que ORSTOM, en su momento, dio un soporte cuyas bases aún se evidencian en los datos que respaldan la planificación actual y la operación para la GIRD en Quito. Junto con la creación del Sistema Metropolitano de Gestión de Riesgos (SMGR) y la DMGR, en 2008 y 2009, el diseño de un sistema integrado de gestión de información para la GIRD (figura 5.3) prometía avances que se venían consolidando. No obstante, este esquema no llegó a concretarse en la práctica. Para que un proceso quede institucionalizado, debe ser socializado, debatido y aprobado a través de un instrumento normativo (resolución, ordenanza). Aparentemente, este caso no fue así; por ello, en administraciones posteriores, no se tuvo conocimiento de esta iniciativa y finalmente quedó únicamente en papel.

A pesar del eco que tuvieron la producción de una nutrida BDU, varias investigaciones y consultorías luego del tercer momento descrito en la retrospectiva, mucho de este conocimiento no ha podido transformarse en acción efectiva, un cuestionamiento que Pigeon y Rebotier (2016) advierten, en general, en varios contextos.

El SUIM, pese a su institucionalización previa, a partir de la reorganización funcional del Municipio en 2010, fue disuelto y reducido solamente a la administración de la BDU, a cargo de pocos técnicos de la actual Dirección Metropolitana de Ordenamiento Territorial (DMOT). No es claro si aún se conserva la BDU o sus partes en alguna dirección municipal, y menos si se actualizaron. A partir del año 2010, en el marco de la política metropolitana de gobierno electrónico, la ex Dirección Metropolitana de Información (DMI) intentó integrar y concentrar la información, en una suerte de *clearinghouse* informático, para ponerla a disposición del portal electrónico municipal, como el Sistema Metropolitano de Información (SMI). Sin embargo, el problema radicó en la falta de soporte y equipamiento, pues contaba solamente con tres técnicos, sin capacidad de control de procesos. Por esta razón se creó un consejo local de geoinformación, con los técnicos de las diferentes dependencias municipales para que se generara un soporte técnico, instancia que no se mantuvo en el tiempo; a largo plazo, se limitó a generar política y estandarización, aunque no solucionó el problema de integración. Pese a esto, se logró concretar el portal de datos abiertos en 2014, el mismo que contaba

con un geoportal y la posibilidad de descarga de archivos digitales en formato de *shapefile*. Hasta la fecha, este ha funcionado con regularidad y ha logrado cierta actualización de información, documentación y datos, incluyendo *shapefiles*. Otras iniciativas de geoportales se han puesto en marcha por parte de la SHOT y la Dirección Metropolitana de Catastro (actualmente parte de la SHOT), con resultados apreciables.

Aquí surge uno de los cuestionamientos a la común administración de la gestión de la información en los últimos períodos. Un problema en la definición de los perfiles de talento humano en puestos jerárquicos, al igual que operativos, no permite sostener un proceso de gestión de datos/información urbanos. El estudio que produjo el esquema de la figura 5.3 precisamente perfilaba esto, sin llegar a concretarse en una solución. En el caso del Centro de Operaciones de Emergencias Metropolitano (COE-M), por ejemplo, no se definieron los perfiles operativos y no hubo seguimiento, lo que afectó la continuidad de procesos. Recientemente, entre 2020 y 2021, se inició la recuperación de una unidad administradora de la BDU, la cual estuvo cerca de institucionalizarse en una Dirección Metropolitana, a cargo de nuevo personal en la DMOT-SHOT.

Pese a los esfuerzos realizados por distintas instituciones, incluidas las rectorías de la Dirección Metropolitana de Gestión Información (DMGI) de la Secretaría General de Planificación (SGP) y la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR) de la Secretaría General de Seguridad Ciudadana y Gestión de Riesgos (SGSCGR), aún no se ha reducido la producción dispersa de datos en instancias municipales. A nivel operativo interno, todavía se usan distintos paquetes de *software* y hace falta que los protocolos se institucionalicen por norma. También resta recabar o actualizar datos más allá de la amenaza y los eventos. Muchos datos e información de consultorías y proyectos técnicos se archivan o están disponibles solo parcialmente de manera libre. Esto se da por la falta de estándares en la generación/producción, registro y disposición de estos, lo que debería formar parte de la gestión del conocimiento para la GIRD y constituiría un paso hacia la inteligencia estratégica propuesta. Se evidencian múltiples casos; por ejemplo, se perdió la información proveniente de un estudio sobre microzonificación sísmica realizada a principios de la década de 2010, con apoyo de asesores colombianos del programa Prometeo de la SENESCYT (científicos extranjeros experimentados contratados para apalancar procesos en Ecuador). Soslayando esto, luego se contrató un estudio similar a cargo de universidades locales. En otro ejemplo, una consultoría sobre susceptibilidad a movimientos en masa de 2014 no se vio reflejada en los PUOS siguientes, para la reducción de deslizamientos. Apenas en el PUGS 2021 se logró la integración de estudios de susceptibilidad a movimientos en masa en el planeamiento de uso de suelo (Puente-Sotomayor, Villamarín-Jurado y Cevallos 2023).

La EPMAPS tiene su propia unidad de GIRD, la cual mantiene su propio sistema de información, CAPRA, para evaluación económica de infraestructura, con fines de aseguramiento. Esta información solo está disponible para la EPMAPS, salvo requerimiento oficial. Alrededor del año 2010 se contaba con datos del Modelo Digital del Terreno (MDT) de Quito con resolución de hasta 10 cm, que, debido al peso, se archivaban por partes. El *Atlas de riesgos de Quito*, desde principios de 2010, ha tenido tres ediciones a la fecha. Sin embargo, las bases de datos que respaldan la producción de esta cartografía no se encuentran en un sistema accesible y ordenado. Por el contrario, el *Atlas ambiental*, a cargo de la Secretaría de Ambiente, sí mantiene este orden y accesibilidad a sus datos.

Por otra parte, el entendimiento de la importancia de la relación GI-GIRD hacia una inteligencia estratégica es crucial para acciones efectivas en todas las fases de la GIRD. En este sentido, el legado descrito en la parte retrospectiva permitió definir las bases político-institucionales: SMGR, DMGR y COE-M, principalmente, con un enfoque transectorial y de decisión estratégica, a pesar de los cambios de línea política de la alcaldía. Desafortunadamente, la planificación estratégica de principios de siglo, a pesar de marcar temporalidad a sus proyectos, no tuvo continuidad ni fue evaluada.

En recientes administraciones, el sentir técnico es que el nivel político no ha priorizado el apoyo oportuno, aunque sí exige respuestas al operativo cuando ocurre un desastre. La discontinuidad político-ideológica, la rotación de personal y la falta de claridad de los procesos técnicos han debilitado esta plataforma inicial y desaprovechado sus esfuerzos. Esta inestabilidad política se agudizó en 2021, cuando el alcalde incumbente fue destituido. Los funcionarios directivos no siempre han entendido la lógica de sistemas y gestión de la información para la GIRD. Pese a esto, muchos de los funcionarios técnicos han impulsado procesos con la convicción de la importancia de la Gestión de la Información (GI) como apoyo de la GIRD; no obstante, como se ha mencionado, esto resulta en iniciativas aisladas, sin política de integración ni sostenibilidad. Actualmente, se ha intentado retomar desde la alcaldía una política de atención prioritaria a la gestión de riesgos, empezando por el conocimiento y entendimiento de estos.

Por fuera del MDMQ, actores como la academia, a pesar de los estímulos legales vigentes y su importante producción investigativa y de generación de datos hasta la fecha, y apalancados por la reforma a partir de la LOES del 2010, aún no logran integrar su producción de conocimiento para la GIRD. En este sentido, las agendas nacionales de investigación sobre este tema y sobre estudios urbanos no han tenido la fuerza vinculante suficiente para lograr esta integración para una acción efectiva. Otros actores, como el Colegio de Arquitectos de Pichincha (CAE-P), han impulsado su propia unidad de generación de una BDU en geodatos y producción de información sobre

Quito, el Centro de Información Urbana de Quito (CIUQ), con niveles de acceso gratuito y pagado, según el servicio, lo que da cuenta de las capacidades extra municipales, que podrían abonar a un sistema de inteligencia estratégica de GI para la GIRD.

Prospectiva y propuesta frente a los futuros desafíos y oportunidades

En esta última parte se procesa un aprendizaje a partir de lo expuesto anteriormente, junto con un análisis prospectivo, y se propone acciones para un escenario futuro en el cual los sistemas de información logren una real inteligencia estratégica de información para una efectiva GIRD. Este aprendizaje de la experiencia propia se compagina con propuestas homólogas en contextos similares latinoamericanos, del sur e inclusive del norte globales, respaldándose con un estado de la cuestión y tendencias actuales sobre esta temática.

Dos décadas atrás, el manejo de la información geoespacial en Quito, pese a los avances tecnológicos, apuntaba principalmente a factores humanos como barreras a superar (Puentes-Sotomayor 2017). Una década atrás, se tenía una plataforma institucional y operativa, así como un modelo de integración. Cabe mencionar que los obstáculos en esta temática no son exclusivos de Quito o del Ecuador. Otras ciudades latinoamericanas, como Córdoba (Argentina), aún mantienen desafíos en la integración de la GI para la GIRD, pero encaminan sus procesos hacia una mejora en esta temática. La relevancia de este vínculo permite desarrollar mejoras en ámbitos de gobernanza, como la gestión participativa para la selección estratégica de acciones de GIRD financiadas, basadas en datos, al igual que un sistema de finanzas locales ajustado a necesidades reales y actuales de la GIRD. Sin embargo, la conceptualización académica de la GIRD es absorbida con mayor rapidez en lo discursivo del gobierno local que en la implementación (Fontana y Contrero 2023). Las vanguardias tecnológico-sociales normalmente permean lentamente en lo operativo institucional municipal, inclusive en ámbitos como la academia.

Los contextos organizacionales dan cuenta de que, aunque hay eslabones (unidades, personas) que aportan a una cadena de valor para una inteligencia estratégica de información municipal, otros eslabones no permiten aprovechar este esfuerzo. Por ejemplo, el análisis de información disponible permite cálculos asertivos y a bajos costos, con las tecnologías disponibles, como fue el caso de Bello en Antioquia (Colombia), que usó información pluviométrica de una institución local especializada, conociendo que los eventos más frecuentes son inundaciones y deslizamientos, temporalidades de mayor frecuencia. Es relevante que el ordenamiento

territorial (OT) incorpore a las condiciones geofísicas, demográficas, las relaciones económicas y culturales. Sin embargo, no se incorporaron herramientas de gestión para garantizar el desarrollo socioeconómico. En este caso también destaca la importancia de los cambios abruptos de gestión política-institucional, por eso la necesidad de bancos de datos actualizados (Moreno Martínez, León González y Cuervo Aponte 2023).

Nuevas tecnologías con al menos una década de desarrollo y cuyo acceso es relativamente sencillo podrían ser parte de una nueva GI para la GIRD. Por ejemplo,

el uso de la tecnología *blockchain* en la gestión de desastres puede reducir la corrupción, facilitar y acelerar la formación de asociaciones entre las agencias de socorro en casos de desastre, entregar comunicaciones de desastres verificadas y oportunas, mejorar la asignación de recursos vitales y permitir el acceso seguro a datos valiosos que se producen durante las operaciones de respuesta y recuperación (Hanco Quispe et al. 2023, 49).

Mucho del uso de SIG se enfoca en los estándares mínimos reglamentados para la operación y deja un gran vacío en el conocimiento y aplicación de métodos de avanzada, que pueden ser más eficientes y oportunos, dejando un espacio corto a la innovación, que potenciaría de mejor manera la GIRD. La escala exigida de detalle por norma retrasa y condiciona el análisis de riesgo, lo que pone en peligro a comunidades y su ayuda oportuna. “Aún existen amenazas menos datadas y que exigen utilizar otros programas que no se relacionan con los SIG. Falta que expertos SIG compartan su información” (Luna Marín 2023). Actualmente hay una amplia diversidad de modelos válidos para evaluar amenazas, vulnerabilidad, resiliencia, con posibilidad de ingentes datos gratuitos y una capacidad de procesamiento relativamente rápida y barata. En cuanto al estudio de los componentes de la GIRD, es posible balancear muchos estudios sobre la amenaza con otros sobre vulnerabilidad social especializada, como el desarrollado por Puente-Sotomayor y Teller (2024) para Quito, en el que se sintetizaron indicadores socioeconómicos que contribuían a la vulnerabilidad social, mediante análisis de componentes principales. Otros estudios similares que analizan la segregación socioespacial han sido realizados en la FLACSO y la UASB. En cuanto a las fases de la GIRD, resta llenar un vacío sobre la recuperación post desastre en general en el país.

En esta línea de pensamiento se necesita un ecosistema que relacione la producción científica de universidades y su aplicación en la planificación y gestión territorial ante riesgos, operativizando las agendas de investigación en GIRD y de estudios urbanos, ya existentes, con evaluaciones y actualizaciones. La academia ha mostrado avances en la producción científica, no

solamente por sus publicaciones crecientes, sino también por la reciente organización de congresos como el de Estudios de la Ciudad, los de Geografía del Ecuador, CIVITIC, EARQ y los eventos seriadados de POLISTIC, entre otros. La difusión de conocimiento empieza a bajar de una élite intelectual otrora reducida, para dar cabida a nuevas perspectivas con importante participación de jóvenes científicos y académicos, además de múltiples universidades y actores en red.

Para compaginar con este ritmo de involucramiento, se requiere una plataforma de relacionamiento común, cuya rectoría no necesariamente sea municipal. Esto, puesto que cuando hay un desastre actualmente, la búsqueda de información y el diagnóstico se vuelve una carga más, sumada al pesar por la falta de reducción de riesgo. Esta debe estar vinculada a un repositorio de datos e información de interfaz amigable, más allá del SMI y el portal de datos abiertos, con accesos diferenciados y de carácter dinámico, de mantenimiento y actualización periódica y conducente a una red de fuentes. Esta plataforma debe gestionar el conocimiento de institutos de investigación y entidades competentes, como, por ejemplo, el Instituto de la Ciudad, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), otros niveles de gobierno, ministerios, universidades, gremios profesionales, empresas privadas y otros productores de datos/información de la sociedad civil, incluyendo la dinámica de redes sociales. En este sentido, la ciencia de datos y la inteligencia artificial, a través de herramientas de *deep learning*, ha logrado avances de optimización en la relación GI-GIRD.

Otros sectores selectos de la consultoría privada, organizaciones no gubernamentales (ONG) –de escasa acción reciente–, multilaterales, la cooperación internacional, a menudo relacionados, suelen aportar con conocimiento y la producción de información de vanguardia que requiere una plataforma receptora de ciudad que organice, seleccione, reclasifique y ponga a disposición, de manera segmentada, toda la producción de datos, información y conocimiento para la GIRD local. Adicionalmente, mucho del acceso a datos y la colaboración en red se ha facilitado de manera ingente. Servidores como Open Street Maps, Google Maps/Earth y datos satelitales como los de Landsat permiten acceso libre. Plataformas de colaboración en tiempo real como Google Drive; y de investigación, compartición y ejecución de código libre Python, como Google Colab, por mencionar una, están disponibles, desde la gratuidad hasta niveles sofisticados pagados. Un municipio, en este sentido, puede decidir desarrollar sus propios sistemas informáticos, o contratar un proveedor externo, evaluando los riesgos de posibles efectos *vendor lock-in* (dependencia).

Una mayor integración de datos e información con fuentes extra municipales permitiría, también, dotar a los usuarios para tomar mejores decisiones de uso y gestión de suelo. Como referencia, en Colombia se hacen análisis de riesgo por lote, enlazados con información del Instituto Geológico Colombiano.

Una plataforma de integración no necesariamente significa responsabilidad sobre todas las fuentes. Estas pueden estar organizadas, puestas a disposición y validadas (*screening*) para ser calificadas bajo responsabilidad, pero sin restringir el acceso y la producción libre desde múltiples fuentes. La publicación notificada de una fuente puede exigir una responsabilidad de esta por sus contenidos.

Conclusiones

Al inicio del DMQ, en los noventa, el estado local y nacional eran los principales productores de datos, hoy esta actividad se ha horizontalizado hacia casi todos los actores urbanos con el creciente uso de internet y los avances exponenciales de nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Sin embargo, la cadena de valor de estos datos, y en particular su aplicación en política y en la acción efectiva para la GIRD en Quito, no ha sido un proceso evolutivo continuo. Avances parciales en la gestión de datos e información para la GIRD han sido sujetos a cambios políticos-administrativos que han ralentizado la llegada a lo que denominamos su inteligencia estratégica y eventualmente su fin de política y acción efectiva.

La retrospectiva de este estudio expone a actores como el IRD (ex ORSTOM), PNUD, la UE y otros organismos internacionales o multilaterales como los precursores de los avances mencionados. El SUIM, por ejemplo, fue una unidad clave en la historia de la gestión municipal, que logró administrar cientos de datos locales por primera vez en un SIG, y cuyo uso derivó en varios estudios e investigaciones hasta hoy canónicos para el estudio y la planificación de la ciudad. Mientras el SUIM fue disolviéndose como institución en el tiempo, se aprobaba e institucionalizaba, en 2008, el SMGR, que recibió el aporte, en diversos momentos, de otras cooperaciones y, como una derivación, consolidó, junto con el ECU 911 nacional, el COE-M. Este, aunque con fines de respuesta, también permitió concentrar datos para la planificación preventiva, que aún requiere atención en el sistema.

Pese a que se ha creado una dependencia, la Dirección Metropolitana de Gestión de Información, desde la cual se ha generado avances en la estandarización cartográfica, como la información de acuerdo a las competencias de cada dependencia municipal, la misma debería reflejarse en un geoportal con acceso libre. Sin embargo, estos desarrollos están muy limitados o son casi nulos cuando se requiere acceder a la información al interno, lo que complica el propio accionar del Municipio.

En síntesis, la barrera que impide una integración óptima de datos e información para la GIRD en el DMQ radica aún en dimensiones humanas asociadas a una gobernanza deficiente y capacidades débiles para institucionalizar

estándares y procesos, lo que no permite la movilización de recursos hacia una inteligencia estratégica de datos/información. Más allá de la posibilidad de que el buen gobierno genere y procese datos, otros actores como la academia, el sector privado y la comunidad en general pueden ser partícipes activos y efectivos en estos procesos, a través del uso generalizado de TIC, internet y redes sociales virtuales, lo que es una tendencia no solamente en países industrializados, sino en nuestra región y otras del sur global.

Referencias

- Aguirre, Joao. 2015. "Inteligencia estratégica: Un sistema para gestionar la innovación". *Estudios Gerenciales* 31 (134): 100-10.
<https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.07.001>
- Bermudez, Nury, y Henri Godard. 2006. *Balance de los estudios urbanos (1985-2005). La Cooperación IRD-Municipio de Quito*. Quito: IFEA / MDMQ / IRD.
- Fernández, María Augusta. 1993. *Memorias de un proyecto exitoso del Atlas Informatizado de Quito al Sistema Urbano de Información Metropolitano de Quito*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Fontana, Silvia E., y Sofía Conrero. 2023. "Políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres en gobiernos locales argentinos: Análisis colaborativo entre actores académicos y gubernamentales". *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER* 7 (1): 6.
<https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.104>
- Giler-Vera, Gema Adriana, y Dayana Valdés-Pérez. 2021. "Inteligencia estratégica basada en la cultura organizacional: apreciaciones desde el contexto local empresarial". *Polo del Conocimiento* 6 (3): 1329-46.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2439>
- Hanco Quispe, Juan Kenyhy, Jordan Piero Borda Colque, Hugo Ticona Salluca, Leonid Alemán Gonzales, Yeni Liz Jihuallanca Coa, Alain Paul Herrera Urtiaga, Edward Torres-Cruz y Ernesto Nayer Tumi Figueroa. 2023. "Gestión de desastres naturales con tecnología Blockchain". En *Economía Ecológica, Território e Desenvolvimento Sustentável: Perspectivas e Desafios* Vol. 2, 48-62.
<https://doi.org/10.37885/230312359>
- Instituto Geográfico Militar, Instituto Panamericano de Geografía e Historia Sección Nacional de Ecuador y L'Institute Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. 1992. *Atlas infográfico de Quito. Socio-dinámica del espacio y política urbana*. Primera edición. Quito: IGM / IPGH / ORSTOM.
- Luna Marín, Valeria. 2023. *Aplicación de los SIG en el análisis de riesgos de desastres generados por amenazas naturales y antrópicas: Una revisión bibliográfica*. Universidad de Antioquia.

- Moreno Martínez, Iván Darío, Ana Paola León González y Juan Pablo Cuervo Aponte. 2023. *Análisis de información pluviométrica disponible como insumo para la formulación de políticas, instrumentos y estrategias para la gestión del riesgo en el territorio. Caso de estudio: Bello, Antioquia*. Universidad Santo Tomás. <https://acortar.link/f3GhsQ>
- Observatorios de Convivencia y Seguridad Ciudadana. 2024. "Observatorios de Convivencia y Seguridad Ciudadana". <https://omsc.quito.gob.ec/index.php/es/>
- Pigeon, Patrick, y Julien Rebotier. 2016. "Disaster Prevention Policies: A Challenging and Critical Outlook". <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781785481963>
- Puente-Sotomayor, Fernando. 2017. "Error Humano 404: Barreras y promotores compartiendo información geoespacial. Caso Quito". *Revista Ciencias Sociales*.
- Puente-Sotomayor, Fernando, y Jacques Teller. 2024. "Social Vulnerability Analysis as a Component to Determine Landslide Risk for Quito, Ecuador". *Buildings and Cities*. En revisión.
- Puente-Sotomayor, Fernando, Ahmed Mustafa y Jacques Teller. 2021. "Landslide Susceptibility Mapping of Urban Areas: Logistic Regression and Sensitivity Analysis Applied to Quito, Ecuador". *Geoenvironmental Disasters* 8 (19): 1-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40677-021-00184-0>
- Puente-Sotomayor, Fernando, Andrea Egas y Jacques Teller. 2021. "Land Policies for Landslide Risk Reduction in Andean Cities". *Habitat International* 107 (December): 102298. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102298>
- Puente-Sotomayor, Fernando, Paulina Villamarín-Jurado y Luis Andrés Cevallos. 2023. "Evolución de la política de suelo para la reducción del riesgo de deslizamientos en Quito". *Revista INVI* 38 (109): 255-87. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2023.66928>
- Snyder, Hannah. 2019. "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines". *Journal of Business Research* 104 (August): 333-39. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Yin, Robert K. 2003. *Case Study Research. Design and Methods*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1097/FCH.0b013e31822dda9e>

6 | La perspectiva cultural en el estudio de los riesgos en Quito. Reflexiones desde la historia y la antropología

Elisa Sevilla y Alfredo Santillán

El concepto de riesgo de desastres es difícil de entender, puesto que implica varios factores que llevan a la probabilidad de que un evento disparado por una amenaza natural, como un terremoto, una erupción volcánica o movimiento en masa, por ejemplo, tenga impactos catastróficos en una población y sus bienes. Los factores que influyen en que dicho evento se transforme en tragedia tienen componentes antrópicos (grado de exposición y vulnerabilidades de las infraestructuras, instituciones y población) y naturales (magnitud del evento). Debido a que las catástrofes alteran de gran manera la vida, las relaciones y los medios de subsistencia de las personas, los humanos damos significados y entendemos estos procesos desde diferentes mecanismos psicológicos y sociales. Las formas de entender estas interrupciones en la vida cotidiana van a moldear el comportamiento y las decisiones, tanto a nivel individual como colectivo. En este capítulo presentamos y analizamos, desde la historia y la antropología, algunas matrices de significación de las amenazas naturales y los desastres desde la mirada de la población de Quito, tanto en el pasado como en el presente. Además, reflexionamos sobre la incorporación de estos repertorios de significación a procesos participativos de toma de decisiones y a herramientas educativas para la reducción del riesgo de desastres.

En el marco de la comprensión de la producción social del riesgo de desastres (Caputo, Hardoy y Herzer 1985; Cardona 2004; Wisner et al. 2004; Oliver-Smith et al. 2017; Kelman 2020), el estudio de las percepciones y representaciones desde sus múltiples aristas constituye un elemento central, pues permite adentrarse en las diferentes formas de cognición social a través de las cuales las amenazas se vuelven inteligibles, tanto para quienes estudian y manejan científica-técnicamente el riesgo como para la sociedad en general (Renn y Rohrmann 2000). En este campo, disciplinas como la historia y la antropología han construido un acervo valioso de herramientas teóricas e investigativas que permiten añadir una capa de lectura cultural a los fenómenos relativos a los riesgos (García Acosta 2005; Baez Ullberg 2017). Además, este enfoque cultural permite entender los mecanismos de adaptación, significación, resiliencia y capacidad al enfrentar el riesgo de

las comunidades, así como el tejido social, las relaciones de poder y la coexistencia de varios conocimientos. La relación entre la ciudad, la comunidad y el ambiente se revela tanto desde la memoria social como desde la comprensión colectiva de estos eventos de desastre (Krüger et al. 2015; Mautner y Walker 2021). En el caso de Quito, esta aproximación, que tiene ya un recorrido amplio en otros contextos académicos, se ha vuelto una línea de indagación reciente, enriqueciendo los esfuerzos multidisciplinarios que han combinado previamente intercambios importantes entre las ciencias físicas, las ciencias sociales y las humanidades.

El enfoque cultural

Pensar los riesgos y desastres desde coordenadas culturales es una de las innovaciones teóricas y metodológicas que han abierto nuevos campos de reflexión sobre estos temas en las últimas décadas. En el caso de América Latina, y más particularmente desde el caso de México, esta entrada cultural se ha formado precisamente desde las disciplinas de la historia y la antropología (García Acosta 2021). Esto es importante para la región como ejemplo doloroso de cómo el interés por entender la formación y acumulación de riesgos en el tiempo surgió a partir del desastroso terremoto de 1985 en Ciudad de México. A partir de este suceso, las agendas inmediatas se concentraron en documentar las formas de solidaridad desplegadas desde la población para enfrentar la crisis. Dada la magnitud del hecho, se fortalecieron de inmediato los estudios de diagnóstico acerca de amenazas naturales, y en este proceso poco a poco fue emergiendo la necesidad de mirar el proceso de construcción de riesgos más allá del evento catastrófico, es decir, incorporar una perspectiva histórica de acciones y omisiones que a la larga habían incrementado exponencialmente la vulnerabilidad de una de las metrópolis más pobladas del mundo en la década de los ochenta: México D. F.

El aporte de la antropología a la perspectiva cultural del riesgo consiste básicamente en identificar distintos repertorios de significación a través de los cuales distintas poblaciones hacen inteligibles y toman acciones respecto a las amenazas que enfrentan. El trabajo de Mary Douglas (1996) resulta uno de los principales referentes en este enfoque. Para ella, considerando la incapacidad de suprimir todas las amenazas conocidas o posibles, las recurrentes y las esporádicas, cada sociedad trabaja activamente en seleccionar, jerarquizar y actuar sobre las amenazas en las que considera prioritario intervenir. La tarea de “domesticar” los riesgos implica un conjunto de conocimientos, valores, sistemas morales y operaciones simbólicas. En palabras de la autora, “los peligros son seleccionados culturalmente para un re-conocimiento; no todos los peligros, sino algunos. La respuesta está precodificada en términos de la

acción adecuada tales como la investigación pública, el castigo o la retirada de apoyo” (Douglas 1996, 90).

La perspectiva cultural trasciende lo que comúnmente se entiende como “percepciones del riesgo”, que muchas veces se interpretan dentro del proceso de diagnóstico como creencias de la población valoradas como “erróneas”, “desinformadas” o “subjetivas” frente a las visiones de los científicos y/o las autoridades. En este marco, nos hemos apoyado en el concepto de “inmunidad subjetiva” (Douglas 1996) como herramienta teórica útil para entender cómo ciertas poblaciones consideran aceptables o desestiman ciertas situaciones de riesgo que les involucran directamente. No es un tema únicamente de contar con conocimientos, como se piensa generalmente, sino que es fundamental comprender las significaciones que median cómo se asume el nivel de riesgo que puede implicar una determinada amenaza objetiva. Elegir de qué preocuparse y de qué no, al menos de manera inmediata, es un comportamiento que funciona dentro de tramas sociales más amplias, que cruzan temas económicos, sociales, institucionales y personales.

García Acosta nos plantea que, en sociedades con una presencia importante de poblaciones indígenas y mestizas como las latinoamericanas, el aporte de la Antropología al estudio de los riesgos ha permitido acercarse a visiones que heredan cosmologías propias a partir de las cuales se interpretan las amenazas. En sus palabras:

por otro lado, y aquí la participación antropológica ha sido decisiva, se han desarrollado estudios desde una perspectiva más cultural, relativa a las percepciones locales del riesgo, los cultos, mitos, leyendas y ceremonias asociadas con el comportamiento de los volcanes. Uno de los objetivos ha sido recuperar y registrar el conocimiento ancestral de la cosmovisión asociada con el comportamiento de los volcanes y, también, incorporarla a los planes de evacuación y desalojo cuando ello es necesario, procurando que estos sean menos desafortunados al tomar en cuenta lo que la población local sabe y ha aplicado por generaciones (García Acosta 2021, 240).

Precisamente, la transmisión de estos conocimientos y repertorios de significación de los riesgos constituyen un puente entre pasado y presente. Tanto desde la antropología como desde la historia, existe un amplio debate sobre la memoria colectiva. Preguntas como ¿qué se recuerda?, ¿cómo se construyen las diferentes narrativas?, ¿con qué rituales se recuerda? y ¿para qué se recuerda? han sido abordadas por los franceses Pierre Nora (Nora y Cuesta 1998) y Paul Ricoeur (2004) para discutir de manera crítica el rol político de la memoria social en la construcción de un sistema simbólico y un modelo de representaciones que explican la identidad, la cohesión comunitaria y la lucha política. El otro lado, el del olvido, también es tratado por estos dos teóricos. Ricoeur destaca su presencia en la memoria activa y reflexiva, y el papel de la memoria “justa”, que incluye ese reconocimiento del pasado que

permite el perdón. Para el caso puntual de los desastres, los procesos de memorialización y de olvido han sido claves en su prevención o agravamiento y requieren de una agencia y activación de la memoria colectiva (Wilson 2015; Colten y Sumpter 2009). Por otro lado, la historia cultural ha aportado muchos trabajos sobre el significado contestado que las sociedades han dado a eventos de desastre en el pasado, desde la religión, la ciencia, los saberes populares y la acción pública (Petit-Breuilh Sepúlveda 2017, 2020, 2022; Torres Lescano 2021; Onnetto Pavez 2014, 2018; Valderrama 2021; Walker 2008; García Acosta 2017).

La religiosidad, conflicto social e interpretaciones científicas en la historia

Desastres, control social y memoria desde la religión

Desde una perspectiva ahistórica, se ha asociado el ‘fatalismo’ con el que se interpreta la ira divina con el origen de los eventos de gran magnitud, frente a los cuales es poco lo que socialmente se puede hacer, con una herencia de un atavismo cultural colonial y un pensamiento irracional (Camus et al. 2016). Sin embargo, estudios históricos como los de Petit-Breuilh Sepúlveda (2017) demuestran que existió un repertorio cultural y político de qué hacer frente a estos fenómenos, que se entendían como un castigo divino frente al pecado colectivo. Es el caso de los actos políticos y religiosos, como acudir a santos y vírgenes protectores de la ciudad ante sismos o erupciones volcánicas, realizar procesiones, exculpaciones públicas y la exhibición de imágenes religiosas de los mediadores a los que se pide que intercedan ante Dios para pedir su misericordia. Este tipo de despliegues culturales y religiosos también sucedían en relación con riesgos climáticos, como sequías o épocas demasiado lluviosas que causaban estragos tanto para la agricultura como para la infraestructura de caminos, puentes y el abastecimiento de agua para la ciudad. Es importante señalar que no se acudía a los mismos intermedios siempre, sino que se identificaban diferentes advocaciones de la Virgen y los santos según los diferentes tipos de posibles catástrofes. En el caso de Quito, el Cabildo, como organismo representativo que velaba por el buen funcionamiento de la ciudad, fue el que se encargó de establecer rogativas para intentar cesar la ira divina y mejorar el clima, así como de tomar medidas para controlar los precios de los alimentos y solicitar la excepción de impuestos reales (Domínguez-Castro, García-Herrera y Vicente-Serrano 2018; García Torres 2021). Los cuadros “La erupción del Pichincha de 1660”, de Víctor Mideros (1888-1967), y “Procesión durante la sequía de 1621”, de

Figura 6.1. *Procesión durante la sequía de 1621, de Miguel de Santiago*



Fuente: Fotografía de Christopher Hirtz.

Nota: óleo sobre lienzo. Iglesia de Nuestra Señora de Guápulo, El Quinche (ca. 1699-1706).

Miguel de Santiago (1633-1706), dispuestos en las iglesias de La Merced y Guápulo, son un ejemplo de cómo estos eventos fueron recordados por medio de pinturas y, a la vez, interpretados dentro del pensamiento moral cristiano, que ve en los rituales de arrepentimiento y demostración de fe a la agencia humana contra las calamidades (figura 6.1). También presenta a los fieles el poder de la intermediación de la imagen de la Virgen en procesión para la remediación del desastre (Del Pino 2022a).

Este tipo de prácticas rituales parten de un sincretismo religioso, pues Guamán Poma de Ayala comenta que los incas realizaban rituales que luego se adaptaron al contexto católico. Por ejemplo, “durante la época de granizo o helada, así como cuando ‘no viene agua del cielo’, por mandato del Inca, la gente debía pintarse la cara de negro y andar por los cerros implorando a

Pacha Camac” (Guamán Poma de Ayala citado en García Acosta 2017, 55). Estas prácticas se asemejan a las procesiones de las rogativas de penitencia, donde los arrepentidos debían llevar una soga al cuello y la cara de ceniza. Por otro lado, el concepto de sacrificio que mezcla tradiciones indígenas y católicas de la Contrarreforma se retomaría con la narrativa de Mariana de Jesús a partir del siglo XVII (Gutiérrez Chong 2010). En el siglo XIX, los poetas Olmedo, Mera, entre otros, usarían estas mismas ideas en relación a los mártires de la batalla de Pichincha (Sevilla 2022). Juan León Mera (1986) lo hace explícito en la estrofa del himno nacional donde se dice que dicha sangre “fecunda” el suelo para la reconstrucción de la nación en el período republicano:

Los primeros, los hijos del suelo / que, soberbio, el Pichincha decora / te aclamaron
por siempre señora / y vertieron su sangre por ti. / Dios miró y aceptó el holocausto,
/ y esa sangre fue germen fecundo / de otros héroes que, atónito, el mundo / vio en
tu torno a millares surgir.

Volviendo al inicio de la Colonia, una de las mediadoras a las que el Cabildo recurrió sistemáticamente es a la Virgen de la Merced. En 1575, a los 41 años de fundada la ciudad de Quito, erupcionó el volcán Pichincha. El Cabildo resolvió hacer una rogativa de penitencia y sacar en procesión a la imagen de la Virgen de la Merced, a quien se nombró protectora de la ciudad. Luego de cesar las erupciones, las autoridades quiteñas se comprometieron a celebrar una fiesta en su honor, el 8 de septiembre de todos los años. Este voto sería ratificado en 1660, luego de una nueva erupción del Pichincha. Casi un siglo más tarde, se renovó su designación como “patrona y protectora” de la ciudad, tras el terremoto de Quito de 1755 (figura 6.2). La Virgen de la Merced no es la única mediadora en el caso de desastres (p. ej. San Marcos Evangelista, otro protector de la ciudad de Quito), ni es exclusiva de Quito, pues en los terremotos de Riobamba y Ambato de 1698 se le otorgó mayor devoción en el centro del país, y tras el terremoto de Ibarra de 1868, también hacia el norte. Esta virgen era, también, muy apreciada para solicitar su mediación divina en casos de catástrofes en otros lugares de la América española (Petit-Breuilh Sepúlveda 2017). Por otro lado, se interpreta el hecho de que Quito se librara del azote de estos eventos que destruyeron otras partes del territorio por la presencia protectora en la ciudad de estas imágenes en procesión. Así, luego de que el terremoto del 20 de junio de 1698 devastara Ambato, Latacunga y Riobamba, el Cabildo de Quito nombró a la Virgen del Quinche “patrona jurada de la ciudad” y determinó celebrar sus fiestas todos los 20 de junio.

Por un lado, santos y la Virgen son vistos como intermediarios entre los hombres y Dios, como “patrono tutelar y abogado de terremotos y temblores”, que pueden prevenir futuros desastres. Por otro lado, el acto de nombrar un santo como protector permitía recordar e institucionalizar la memoria de

Figura 6.2. Nuestra Señora de las Mercedes, patrona de Quito



Fuente: Imagen grabada en la imprenta de Raymundo de Salazar, incluida en la novena Carta de Esclavitud, perteneciente a Mercedes Jaramillo. Quito (1789). Archivo BEAP.

estos eventos catastróficos y, de esta manera, prevenirlos, pues muchas veces se los escogía porque la fecha de su santoral o su celebración coincidía con el evento que era interpretado como una llamada de atención divina (García Acosta 2017). Por ejemplo, el Cabildo quiteño solicitó la protección de San Marcos Evangelista, cuya fecha en el santoral es el 25 de abril, “en recordación del pavoroso terremoto experimentado el pasado 25 de abril de 1755”, para que “libre a esta afligida, temerosa República de terremotos y temblores” (Acta del Cabildo 1756). La memoria y su ritualización son vistos como formas de recordar las normas sociales y, así, prevenir los desastres, pues se entienden como consecuencias divinas de las acciones humanas.

Para el siglo XIX y XX, el uso de la memoria de los terremotos se relacionaría con los procesos de canonización de Mariana de Jesús, y también con el surgimiento de fiestas populares, como son la “Fiesta del Retorno” en Ibarra y la “Fiesta de las Frutas y de las Flores” en Ambato, en las que el elemento religioso está presente, pero de manera secundaria (Del Pino 2022[b]; Torres Lescano 2023). En el caso particular de Quito, los procesos de canonización de Mariana de Jesús estuvieron ligados a la construcción de una narrativa de sacrificio patriótico que la vinculó a la ciudad, su identidad criolla y su vínculo con los Jesuitas (Manchado Rodríguez 2021; Gutiérrez Chong 2010). La eficacia de la protección de la Azucena de Quito se podía comprobar frente a los azotes que recibieron otras ciudades como Riobamba en el siglo XVI, Ibarra en el XIX o Ambato a mediados del siglo XX. Efectivamente, la devoción de los quiteños y los esfuerzos de empujar sus canonizaciones tuvieron mayores impulsos luego de que terremotos afectaran a estas ciudades de la Sierra ecuatoriana (Vásquez Hahn 2023).

Los eventos de desastre como rebelión e identidad nacional

Las fuerzas telúricas no solo han sido interpretadas como castigos divinos, sino también como signos de que la naturaleza o los poderes divinos apoyan procesos de rebelión contra gobernantes injustos. Una de las interpretaciones subversivas de los eventos de desastre, en particular las erupciones volcánicas, tiene que ver con una historia indígena donde la acción de los Apus jugaría un papel simbólico en las rebeliones del siglo XVIII. En el relato de Leandro Sepúlveda y Oro (2005) de la genealogía Purúa se incluye la historia del sueño premonitorio donde se anuncia la erupción del Capac Urcu y la llegada de los incas.

La primera exploración registrada del volcán Pichincha se dio en 1582 luego de que se activará el volcán siguiendo unas premoniciones hechas por indígenas de fuera de la ciudad. Según el informe del alcalde ordinario Toribio de Ortiguera, llegó el rumor a Quito de que se había pronosticado que “a los 15 de junio del mismo año de 82, se hundiría la ciudad [de Quito] con un terremoto y temblor que habría de causar el volcán con mucho fuego y piedra que sí echaría” (citado en Petit Breuilh Sepúlveda 2017, 93).

La mitad de la población huyó de la ciudad días antes y cuándo comenzó la actividad del 14 de junio y luego se intensificó en julio de ese mismo año, el oidor de la Real Audiencia de Quito, don Francisco de Auncibay organizó una expedición junto con otros notables y sacerdotes a la boca del volcán para atestiguar qué ocurría, y a la vez celebrar misa. Efectivamente, se puede recoger varios de estos pronósticos de indígenas que auguraban el fin de la colonización por intercesión de los volcanes y otras fuerzas de la naturaleza a lo largo de toda América (Petit-Breuilh Sepúlveda 2017; Molina González 2015).

Ya para las guerras de Independencia, tanto realistas como insurgentes, solicitaron la protección de la Virgen de la Merced. Luego, el hecho de que la batalla definitiva se peleara en las faldas del volcán Pichincha se recordará como algo simbólico, la naturaleza y el territorio apoyaron para hacer justicia. Sucre entregó su espada a la Virgen de la Merced en agradecimiento y la imagen del Pichincha quedó plasmada en escudos, cantos e himnos como los que vemos en las monedas de la temprana república, en pinturas que recuerdan la gesta libertaria o en el canto de Junín de Olmedo, donde el ejército de Bolívar parece poseído por la furia de un volcán: “el furor le inflaman / y allá en su pecho hirvieron, como fuegos / que de un volcán en las entrañas braman” (Sevilla 2022; Sevilla y Sevilla 2022).

Interpretaciones naturalistas

Desde la llegada de los españoles a América, se trata de entender las amenazas naturales desde la filosofía y los conocimientos de la época. Las ideas aristotélicas y jesuitas sobre el vulcanismo y los terremotos ligados a la interacción entre gases internos, agua y fuego estarán presentes en los escritos del padre José de Acosta. Luego, para el siglo XVII, las teorías de Atanasius Kircher buscarán describir una conexión entre los volcanes y los terremotos, los primeros serán entendidos como válvulas de escape de los gases y presión interna que provocarían los terremotos. Para entonces, los terremotos serán los más temidos, y muchas veces se agradecerá la actividad volcánica como prevención de un desastre mayor. El Pichincha fue explorado científicamente desde sus primeras erupciones, varios ascendieron al borde de su cráter para verificar su actividad en 1582. Los geodésicos franceses exploraron los bordes del cráter del Pichincha y después sería observado por Humboldt, por Francis Hall y Boussingault, en 1831, por Wisse y García Moreno, en 1845, por Osculati, en 1847, por Remy y Brenchley, en 1856, por Jiménez de la Espada, en 1864, y por Wolf, Reiss y Stübel, en 1871 (Martínez 1902). Las fotografías de Camillus Farrand (1862) y los dibujos y pinturas de Juan Agustín Guerrero (1869) y Rafael Troya (1871) permitieron poner imágenes a las descripciones escritas y orales, y a colecciones de historia natural como rocas, muestras de azufre, plantas y animales (figura 6.3).

En la segunda mitad del siglo XVIII, miembros de la Compañía de Jesús fundaron la primera sociedad letrada con el nombre de Academia Pichinchense. Sus objetivos fueron realizar observaciones astronómicas, promover las ciencias físicas y mantener viva la memoria de la Misión Geodésica. Para el siglo XIX, el conocimiento científico va a informar la política pública para enfrentar a los eventos catastróficos; un ejemplo de esto será la respuesta del Gobierno a las predicciones de Rudolf Falb en 1869, y los artículos en



Fuente: Camillus Farrand. Vistas en "El Ecuador". E. & H. T. Anthony & Co. (1248; ca. 1862). Taller Visual, Corporación Centro de Investigaciones Fotográficas.

Nota: estereoscópica en albúmina.

la prensa de los politécnicos jesuitas Menten y Wolf que tranquilizaron a la población en 1878, luego de las catástrofes de Ibarra y el Cotopaxi, respectivamente. Existen varios intentos de hacer un inventario histórico de las erupciones y terremotos desde el diccionario geográfico de Alsedo de 1788, y luego el catálogo de Theodor Wolf de 1873. Estos catálogos serán consultados para desmentir varias teorías como las de Falb y Aguilar sobre la relación entre las posiciones astronómicas del Sol y la Luna, y la ocurrencia de terremotos (Valderrama y Sevilla 2021).

Nuevos repertorios de interpretación frente a los riesgos en Quito

Las amenazas históricas como terremotos y volcanes, frente a las que hemos podido revisar cómo eran asimiladas en las épocas colonial y republicana, accionan ahora sobre una ciudad que ha multiplicado exponencialmente su exposición: desde inicios del siglo XX hasta el momento actual, la superficie urbanizada ha crecido 25 veces y su población, 54 veces, aproximadamente. La mayoría de este desarrollo se ha forjado a partir de una negociación entre la formalidad y la informalidad, la especulación con el valor del suelo y una política municipal débil frente a los intereses privados (Carrión y Erazo 2012). El caso de Quito es un ejemplo claro de que el riesgo contemporáneo deviene, precisamente, del modelo de desarrollo urbano, como plantea Lavell (2003). Igualmente, resultan pertinentes las nociones de que los riesgos se van acumulando en períodos de tiempo más o menos largos (García Acosta 2005) y a la vez se distribuyen de manera desigual entre las poblaciones de las ciudades (Boholm 2015). Existen problemas heredados de la exclusión del tema del riesgo en la planificación, ya que no es sino hasta las últimas décadas del siglo XX que aparecen los primeros planes específicos sobre las amenazas diagnosticadas; pero, sobre todo, antes que la ausencia de planificación, se han evidenciado dificultades institucionales tanto para implementar los planes diseñados como para controlar efectivamente las regulaciones establecidas en los distintos planes urbanos (Córdova y Menoscal 2021).

En este contexto, dentro del proyecto *Tomorrow's Cities* (2019-2024) se implementó una estrategia multidisciplinaria y multi-escalar para producir conocimiento que ayude a la reducción de riesgos en Quito en la actualidad y hacia el futuro. Para esto, en la escala micro se seleccionaron dos barrios periféricos para estudiar las vulnerabilidades y respuestas comunitarias a las respectivas declaratorias como zonas de alto riesgo. Ambos casos fueron escogidos dentro de las prioridades de intervención de la municipalidad y tienen sus particularidades en cuanto a características geomorfológicas y de exposición a amenazas: en un caso el diagnóstico del riesgo es mitigable y en el otro no. En consecuencia, en el primero, las autoridades han desplegado un trabajo de prevención y reducción de riesgo con la población del barrio, mientras que en el segundo la solución ofrecida es la relocalización.

Los estudios realizados para definir estas calificaciones de riesgo presentaban un desbalance muy grande entre la información sobre los aspectos físicos (peligro sísmico, precipitaciones, susceptibilidad del suelo) que es bastante detallada, pero la información sobre la población se reducía a datos demográficos básicos del número de familias, tipos de construcción de las viviendas y algunos indicadores sociales como nivel de ingreso y nivel de educación. Este desbalance denota un énfasis en entender el riesgo a

partir del estudio de las amenazas, mientras que la población amenazada queda en segundo plano. Por eso, es indispensable incorporar estudios que permitan comprender los puntos de vista de la población, a fin de que los diagnósticos y los procesos de toma de decisiones tengan mayor información de quienes habitan el territorio.

Para cubrir este déficit se desarrolló un acercamiento etnográfico siguiendo el concepto de habitar (Giglia 2012), enfocado en comprender los procesos de ocupación y transformación física y simbólica que los habitantes ponen en marcha para domesticar el que resulta su espacio. Así, la propuesta apuntaba a conocer cómo la población asentada en estos barrios asumió las declaratorias de riesgo dentro de una apuesta de arraigo que tenía su propia trayectoria. Desde el interés en los modos de habitar, abordamos el tema del riesgo con preguntas básicas tales como: ¿conocían o no las declaratorias de riesgo cuando se ubicaron en estas zonas?, ¿cómo y cuándo se enteraron de esta condición?, ¿a través de qué formas? y, sobre todo, ¿cómo ha sido la relación con las instancias encargadas de la gestión del riesgo? Al abrir el espacio para abordar estos temas, emergieron en paralelo a la agenda de investigación las propias agendas de enunciación enfocadas en expresar cómo estas declaraciones han afectado el presente y comprometen los proyectos de futuro de estas comunidades. En cada barrio, los testimonios obtenidos recrean un universo propio de particularidades en los que se inscribe la historia residencial detallada en otra publicación (Santillán y Puga-Cevallos 2023).

En comparación con lo encontrado en la investigación histórica, constatamos una continuidad importante de la matriz religiosa católica que impregna de un carácter sobrenatural a las amenazas de gran magnitud. En general, cuando se habla de eventos como terremotos o erupciones volcánicas se evoca lo sobrenatural, la voluntad divina, muy por encima de lo científico o la planificación urbana. En los habitantes de ambos barrios está vigente un sentido de fatalidad, en tanto es común la noción de que los eventos catastróficos están relacionados con la intensidad de las amenazas antes que los elementos antrópicos y, por ende, es poco lo que se podría hacer humanamente para reducir sus impactos. Así, encomendarse al panteón religioso y asumir que la voluntad divina prima respecto a la posibilidad de vida/muerte es un referente simbólico común cuando se habla de desastres pasados o posibles. No obstante, frente a las amenazas que han motivado las declaratorias de riesgo en sus respectivos barrios, tienen una postura contraria a la fatalidad y han desarrollado un horizonte de capacidades muy importante.

Siguiendo la reflexión de Douglas (1996), para las comunidades asentadas en estos barrios, los riesgos ordinarios entran efectivamente en el horizonte de preocupaciones que atender, sobre todo porque la posibilidad de regularización depende, fundamentalmente, de la valoración que se establezca del

tipo y nivel de riesgo. Por eso aparecen diferentes racionalidades que pueden entenderse como repertorios de significación-acción que se despliegan en función de los interlocutores frente a los que se interactúa. Es decir que no se trata de una situación en la que las comunidades tienen un punto de vista único y una sola forma de actuar sobre los riesgos, sino que utilizan estos repertorios, a veces incluso combinándolos, dependiendo del espacio de interlocución en el que se encuentren. Aunque la variable de mitigabilidad provoca que se acentúen ciertos repertorios en uno u otro barrio, no los consideramos excluyentes entre sí.

Negación y desconfianza

En el primer contacto con las comunidades estudiadas emergió una serie de preguntas e inquietudes respecto a la situación de riesgo diagnosticada, sobre todo en el caso del barrio declarado en zona de riesgo no mitigable. Para estos casos, la solución propuesta desde las autoridades es la relocalización del asentamiento. Pero para los pobladores esta opción está lejos de ser vista como beneficiosa; todo lo contrario, la desestiman abiertamente. Existe una marcada ambivalencia frente a los datos científicos en los que se soporta el diagnóstico, en algunos momentos ponen en duda la validez de los datos sugiriendo que se hagan más estudios y/o que los elaboren instituciones independientes del Municipio. En otros momentos no ponen en duda que existan problemas de riesgo, pero no aceptan la idea de que no se pueda hacer nada para mitigarlos. De hecho, existen formas técnicas de intervención, pero se requerirían obras de ingeniería altamente costosas que resultan contrarias a la lógica de inversión-beneficio con que opera el Municipio: si la remediación resulta más costosa que la reubicación, simplemente no es viable.

En este escenario, la población del barrio expresa su malestar a través de una serie de preguntas y sospechas que ponen en tensión su situación. A continuación, algunas de las más significativas: “¿si todo Quito está en riesgo, por qué solo a nosotros nos van a reubicar? ¿Por qué antes sí se regularizaron barrios iguales y ahora ya no? ¿Por qué nos pusieron los servicios básicos si es zona inhabitable como dicen?” (visita de campo, junio de 2020). Las posibles respuestas no son sencillas, pues remiten a diversos factores, como cambios normativos implementados en el tiempo, responsabilidades de diversas instancias municipales o la trama política de las ofertas de regularización durante las campañas electorales. En casos menos dramáticos, como la declaratoria de riesgo mitigable, las medidas a implementar implican restricciones en las posibilidades de crecimiento en altura de las viviendas, lo que merma la aspiración de sus habitantes de que el barrio se consolide. Lo común en ambos casos es que existe la expectativa de que la

calificación del riesgo sea apelable, y con esta premisa se interpela total o parcialmente los diagnósticos científicos y/o las intenciones de las instituciones que los elaboran.

Agenciamientos propios

En el caso de mayor conflicto, aunque la opción institucional de reubicación sea rechazada, esto no significa que la comunidad se quede sin hacer nada al respecto. Tienen un interés muy alto en “mejorar el barrio” y para ello despliegan recursos propios en materiales y sobre todo en tiempo de trabajo que dedican a las mingas en el sector. Su horizonte de lo que “se podría hacer” sobrepasa ampliamente los problemas de riesgo, imaginan áreas recreativas para niños y niñas, proyectos ecológicos, la adecuación de espacios comunitarios, a más del reforzamiento de taludes para proteger las viviendas. En definitiva, bajo la premisa de permanecer en el territorio, su capacidad de agencia sobre él es muy alta. Encontramos esta misma característica en el segundo caso. A través de las mingas, los pobladores mantienen funcionales los canales de agua lluvia, para mantener abiertas las vías y que no se cubran de lodo. Igualmente, implementan terrazas para diversos cultivos y también adecúan espacios para la cría de animales. Si el mismo asentamiento ha sido un proceso “de menos a más”, en el que se ha conseguido la dotación de servicios básicos, transporte, drenajes o asfaltado, las intervenciones que permitan reducir riesgos resultan nuevos elementos en esta trayectoria.

Existen capacidades desarrolladas en la interdependencia entre el hábitat y el tejido social que, si se orientan desde las experticias del campo científico, pueden ser un apoyo significativo para la reducción de riesgos. La mayor limitante de estos agenciamientos es que se apoyan en conocimientos, en su mayoría, empíricos, las comunidades identifican la presencia o ausencia de amenazas en función de lo que se puede observar a simple vista, como grietas en el suelo, las paredes o los taludes, pero las características y comportamientos del subsuelo no entran en su campo de visibilidad y, por ende, se vuelven ininteligibles. Otro limitante importante es la disponibilidad de recursos. Las intervenciones se hacen con recursos propios, en dinero, herramientas, materiales y mano de obra, lo cual puede resultar efectivo para determinadas obras, pero insuficiente para trabajos de mayor envergadura. Reconocer la importancia del despliegue de las capacidades locales no debe conducir a su idealización como una solución sostenible en el largo plazo.

En el marco del proyecto en mención se apostó por fortalecer el intercambio de conocimientos entre la comunidad y diversas instituciones involucradas en la gestión de riesgos, proceso en el que se obtuvieron buenos resultados en el caso del barrio declarado con riesgo mitigable. Se lograron dos intercambios puntuales en los que la población pudo conocer cómo las herramientas técnicas pueden ofrecer alternativas eficaces para la reducción y prevención de riesgos. El primero fue un taller sobre el cierre de pozos sépticos. En tanto se instaló en el barrio el sistema de alcantarillado, los pozos sépticos quedaron en desuso y al ser perforaciones en el suelo contribuían a la vulnerabilidad. Esta buena experiencia construyó confianza, lo que posibilitó un segundo acercamiento: una capacitación sobre medidores de lluvia. Con el principio de “ciencia ciudadana”, bajo el cual los procesos de monitoreo y recolección de datos los pueden hacer las comunidades cercanas, se enseñó el manejo de pluviómetros. El resultado fue positivo, pues la población reconoce que los patrones e intensidades de las lluvias en la zona se han modificado y esta herramienta no solo les permite tomar precauciones sobre deslizamientos, sino también les ayuda a manejar los cultivos y evitar problemas de humedad en las viviendas. Queda pendiente conocer la sostenibilidad de estos aprendizajes; sin embargo, la experiencia de cooperación entre comunidad e instituciones es un hallazgo importante.

En estas buenas prácticas fue determinante la capacidad de comunicación de la información científica. La interlocución entre actores con conocimientos diferentes no es sencilla, el lenguaje científico puede resultar extraño para la mayoría de las personas y la dificultad para comprenderlo genera una asimetría entre los actores cooperantes. El resultado positivo de esta experiencia se basó, en gran medida, en las destrezas de comunicación didáctica que mostró el equipo de expertos y expertas. Lo importante de este punto es pensar la importancia de la accesibilidad cultural de la información científica, no se trata de habilidades personales, sino de la necesidad de construir protocolos de cómo “traducir” el lenguaje científico en función de la audiencia que no está familiarizada con él. Esto permite que el tema de los riesgos se vuelva realmente un tema público, de interés colectivo.

Educomunicación

A partir de información científica e histórica, con el proyecto Tomorrow's Cities se creó varios productos educativos para discutir con públicos amplios la relación entre el desarrollo urbano, la cultura, las desigualdades y el riesgo de desastre. Junto con la Fundación Museos de la Ciudad, se

elaboraron cuatro exhibiciones temporales entre 2021 y 2022, donde se discutió el riesgo de desastres por amenazas múltiples desde una mirada interdisciplinar y lúdica.

También se desarrolló una herramienta digital multimedia de educación sobre el riesgo de desastres en Quito. En un proceso participativo piloto con un colegio, un equipo interdisciplinario compuesto por antropólogos visuales, historiadoras, artistas, diseñadores web, geólogos, ingenieros civiles, músicos, pedagogos y expertos en riesgo produjo narrativas web, *podcasts*, viajes al pasado y el futuro, mapas históricos interactivos y líneas de tiempo, ejercicios prácticos en los que se discute la relación entre desarrollo urbano, sociedad y vulnerabilidades frente al riesgo. En la plataforma reducirriesgosenquito.com se utiliza lenguaje juvenil y local para identificarse con los usuarios, además de humor, viajes en el tiempo y recursos literarios que permiten el asombro, ejercitar nuestra capacidad crítica, así como utilizar nuestra imaginación para encontrar soluciones creativas a los problemas, al colocarnos en situaciones de toma de decisiones y apreciar sus consecuencias en relación con el riesgo. En los talleres piloto de preparación de la plataforma con una escuela y en el curso de capacitación de su uso para docentes se realizaron ejercicios individuales para recoger la memoria del asentamiento de las familias en Quito o de un evento de desastre vivido y convertirlo en un *podcast*. Este ejercicio de recordar y articularlo en una narrativa tuvo efectos transformadores en los participantes, pues les permitió conversar con su círculo familiar sobre temas de riesgo y desarrollo urbano, pero desde experiencias personales en las que se valora el papel del capital social, como son las experiencias de la minga o la solidaridad postdesastre.

En esta iniciativa, la historia y la cultura fueron vehículos para entender la relación entre la transformación del espacio y el riesgo de desastres desde la curiosidad y la vida diaria, así como las acciones de colaboración y empatía en forma de mingas comunitarias y otras acciones de participación pública. La distancia temporal de la historia permitió una reflexión colectiva, pensarnos como “nosotros” y, a la vez, ver las consecuencias de las decisiones en pasadas catástrofes, y así visibilizar la oportunidad que tenemos hoy de tomar decisiones sobre el desarrollo de la ciudad que sean conscientes de las amenazas a las que podemos exponernos (Sevilla et al. 2023). Estos primeros hallazgos sugieren la importancia de incorporar, a futuro, una línea de investigación sostenida en el tiempo que analice la construcción de significaciones sobre las amenazas y los riesgos, y que desde campos como la comunicación y la educación contribuya a la orientación de las intervenciones públicas.

A través de esta revisión de la investigación que utiliza la matriz cultural para entender el riesgo de desastres desde la historia y la antropología, hemos visto que existen continuidades, superposiciones y transformaciones de las significaciones de las amenazas y las catástrofes en diferentes contextos históricos y sociales. La religiosidad popular sigue teniendo un rol importante en cómo se entienden estos acontecimientos. Van a coexistir diferentes explicaciones y significaciones, unas más desde la ciencia y otras más a partir de la moral y la religiosidad. La idea del desastre como castigo divino o consecuencia de una mala acción moral sigue vigente en muchos espacios sociales, aunque, también, estas concepciones se trasladan a la política pública y se ven como consecuencia de malas políticas y decisiones gubernamentales. Vale la pena destacar que las prácticas rituales o comunitarias perduran, a pesar de que su significado se adapte a nuevos contextos. Los desastres también van a construir identidades colectivas.

Por un lado, si bien como sociedad buscamos espacios de memorialización en fiestas y rituales, pero también normativas de planificación, muchas veces les siguen períodos de olvido en que se descuida el tomar precauciones para evitar que se repitan catástrofes. Según Simpson (2020), a partir del caso de Anjar, en India, esto se debe a que la gente vuelve a reconstruir sobre las ruinas y olvida para poder seguir viviendo. Siguiendo a Das (2006), con la rutina, la violencia de los eventos catastróficos se vuelve parte de lo ordinario y esto permite procesos de curación y olvido. Creemos que un análisis más profundo de los mecanismos del olvido de los desastres también debe ser estudiado desde las humanidades y las ciencias sociales, con una perspectiva cultural, para el caso del Ecuador.

Por otro lado, a través del estudio cultural del riesgo, se puede apreciar cómo las comunidades aprenden y mantienen un conocimiento experiencial sobre el riesgo de desastres que puede ser compartido tanto con expertos como con otras comunidades vulnerables. Los procesos participativos y los productos educomunicacionales enmarcados en repertorios culturales de significación locales pueden facilitar estos intercambios de conocimientos entre expertos de diferentes disciplinas, gestores del riesgo y las personas que han vivido eventos de desastre, así como experiencias de vulnerabilidad o de construcción de capacidades. Esto es lo que identificamos como la comunicación a tres vías, que lleva a una mayor escucha y compromiso de todas las partes (Stewart et al. 2023).

- Acta del Cabildo del 26 de marzo de 1756. AHM/Q. Libro de Actas de Cabildo 1756-1761. f. 15.
- Baez Ullberg, Susann. 2017. "La contribución de la Antropología al Estudio de Crisis y Desastres en América Latina". *Ibero-Americana, Nordic Journal of Latin American Studies* 46 (1): 1-5.
- Boholm, Åsa. 2015. *Anthropology and Risk*. Londres: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315797793>
- Camus, Pablo, et al. 2016. "Visión histórica de la respuesta a las amenazas naturales en Chile y oportunidades de gestión del riesgo de desastre". *Revista de Geografía Norte Grande* 64: 9-20.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000200002>
- Caputo, Graciela, Jorge Enrique Hardoy e Hilda Herzer. 1985. *Desastres y sociedad en América Latina*. Buenos Aires: IIED / GEL.
- Cardona, Omar Darío. 2004. "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*, editado por G. Bankoff, G. Frerks, T. Hilhorst y D. Hilhorst. Routledge.
- Carrión, Fernando, y Jaime Erazo. 2012. "La forma urbana de Quito: una historia de centros y periferias". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 41 (3): 503-22.
- Colten, Craig E., y Amy Sumpter. 2009. "Social memory and resilience in New Orleans". *Natural Hazards* 48: 355-64.
<https://doi.org/10.1007/s11069-008-9267-x>
- Córdova, Marco, y Jonathan Menoscal. 2021. "Políticas públicas para ciudades sostenibles. El caso Puertas del Sol en la ciudad de Quito-Ecuador". *L'Ordinaire des Amériques* 227. <https://doi.org/10.4000/orda.6365>
- Das, Veena. 2006. *Life and words: violence and the descent into the ordinary*. Berkeley: University of California Press.
- Del Pino, Inés. 2022a. "Terremotos, erupciones y sequías en pinturas de Quito". *Revista PUCE* 113: 39-61.
<https://www.revistapuce.edu.ec/index.php/revpuce/article/view/401/347>
- 2022b. "Tradición y modernidad en el terremoto de Ibarra de 1868." En *Jornadas internacionales de historia del artes y arquitectura (HISTAA). América Latina: Espacios urbanos, arquitectónicos y visualidades en transición. 1860-1940* editado por Alexandra Kennedy-Troya, 91-119. Universidad de Cuenca. GAD Municipal del Cantón Cuenca.
- Domínguez-Castro, Fernando, Ricardo García-Herrera y Sergio M. Vicente-Serrano. 2018. "Wet and dry extremes in Quito (Ecuador) since the 17th century". *International Journal of Climatology* 38 (4): 2006-14.
<https://doi.org/10.1002/joc.5312>

- Douglas, Mary. 1996. *La aceptabilidad del riesgo en las ciencias sociales*. Barcelona: Paidós.
- García Acosta, Virginia. 2005. "El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos". *Desacatos* 19: 11-24.
- 2017. "Divinidad y desastres. Interpretaciones, manifestaciones y respuestas". *Revista de Historia Moderna* (35): 46-82.
<https://doi.org/10.14198/RHM2017.35.02>
- 2021. "La vertiente mexicana en la Antropología de los Desastres y del Riesgo". En *La Antropología de los Desastres en América Latina: Estado del arte*, editado por Virginia García Acosta, 217-58. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social / El Colegio de la Frontera Norte / El Colegio de Michoacán / Editorial Gedisa Mexicana.
- García Torres, Adrián. 2021. "Clima y desastre en Quito (Ecuador) durante la pequeña Edad del Hielo, 1640-1800". En *La Pequeña Edad del Hielo a ambos lados del Atlántico*, editado por Armando Alberola Romá y Virginia García Acosta, 95-114. Universidad de Alicante.
- Giglia, Ángela. 2012. *El habitar y la cultura. Perspectivas teóricas y de investigación*. México: Anthropos / UAM.
- Gutiérrez Chong, Natividad. 2010. "La construcción del heroísmo de Mariana de Jesús: Identidad nacional y sufrimiento colectivo". *Íconos: Revista de Ciencias Sociales* (37): 149-59. <https://doi.org/10.17141/iconos.37.2010.414>
- Kelman, Ilan. 2020. *Disaster by choice: How our actions turn natural hazards into catastrophes*. Oxford University Press.
- Krüger, Fred, Greg Bankoff, Terry Cannon, Benedikt Orlowski y E. Lisa F. Schipper, eds. 2015. *Cultures and Disasters: Understanding Cultural Framings in Disaster Risk Reduction*. Londres: Routledge.
- Lavell, Allan. 2003. *La gestión local del riesgo. Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. CEPREDENAC / PNUD.
- Manchado Rodríguez, Elena. 2021. "Dibujar con buril y pluma: la iconografía textual y visual de Mariana de Jesús Paredes y Flores (1618-1645) y su circulación transatlántica (siglos XVII-XVIII)". *Hipogrifo: Revista de Literatura y Cultura del Siglo de Oro* 9 (1): 639-56.
<https://doi.org/10.13035/H.2021.09.01.38>
- Martínez, Augusto. 1902. "El Pichincha. Estudios históricos, geológicos y topográficos". *Anales de La Universidad Central* 19.
- Mautner, Marina, y Charles Walker. 2021. "Shaky foundations and constructed disasters: the role of history and memory studies in evaluating disaster response in Mexico and Puerto Rico". *AGU Fall Meeting Abstracts* (December): SY33A-07.
- Molina González, María Carmen. 2015. "Representaciones religiosas en Quito ante los terremotos y erupciones volcánicas (siglos XVI-XVIII)". *Summa Humanitatis* 8:1: 99-130.

- Nora, Pierre, y Josefina Cuesta. 1998. "La aventura de 'Les lieux de mémoire'". *Ayer* 32: 17-34.
- Oliver-Smith, Anthony, Irasema Alcántara-Ayala, Ian Burton y Allan Lavell. 2017. "The social construction of disaster risk: Seeking root causes". *International journal of disaster risk reduction* 22: 469-74. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.10.006>
- Onetto Pavez, Mauricio. 2014. "Terremotos recordados, temblores olvidados: Interpretaciones sobre los orígenes de la memoria telúrica en Chile". *Revista de Geografía Norte Grande* 59: 185-99. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000300011>
- 2018. "Desde el desastre al Edén: experiencia y comunicación política en Chile, siglos XVI y XVII". *Colonial Latin American Review* 27 (3): 316-35. <https://doi.org/10.1080/10609164.2018.1527526>
- Petit-Breuilh Sepúlveda, María Eugenia. 2017. "Religiosidad y rituales hispanos en América ante los desastres (siglos XVI-XVII): las procesiones". *Revista de Historia Moderna* 35: 83-115. <https://doi.org/10.14198/RHM2017.35.03>
- 2020. "Y se desencajó la Tierra de su estado natural: efecto de los desastres combinados en Quito y alrededores entre febrero y mayo de 1797". *Temas Americanistas* 44: 149-74. <https://doi.org/10.12795/Temas-Americanistas.2020.i44.06>
- 2022. "Textos impresos sobre el origen de los terremotos y tsunamis a mediados del siglo XVIII: circulación de ideas entre los territorios de la América española y la metrópoli". *Nuevo Mundo Mundos Nuevos*, acceso el 17 octubre de 2022, <http://journals.openedition.org/nuevomundo/88694>
- Renn, Ortwin, y Bernd Rohrmann, eds. 2000. *Cross-cultural risk perception: A survey of empirical studies* (13). Springer-Science+. DOI: 10.1007/978-1-4757-4891-8
- Ricoeur, Paul. 2004. *La memoria, la historia, el olvido*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Santillán, Alfredo, y Elisa Puga-Cevallos. 2023. "Habitar territorios en riesgo: apropiaciones espaciales y disputas simbólicas en dos barrios periféricos de Quito". *Íconos - Revista de Ciencias Sociales* 75: 81-102. <https://doi.org/10.17141/iconos.75.2023.5511>
- Sepla y Oro, Leandro. 2005. "Carta de Leandro Sepla y Oro a Alexander von Humboldt". En *Alexander von Humboldt. Diarios de viaje en la Audiencia de Quito*, editado por Segundo Moreno Yáñez. Quito: Oxy.
- Sevilla, Elisa. 2022. "'El Pichincha indignado del yugo [...] dio un bramido, y se vio de repente el rugido del León acallar': los volcanes y la ciencia en la Independencia". En *Tejer República: Historia, memorias y visualidades a 200 años de la Batalla de Pichincha*, coordinado por Viviana Velasco Herrera, Sofía Luzuriaga Jaramillo y Andrea Moreno Aguilar, 303-19. Quito: EdiPUCE. <https://bit.ly/3V9zntY>

- Sevilla, Elisa y Ana Sevilla. 2022. “El suelo que el soberbio Pichincha decora’: la importancia del volcán Pichincha en el proceso de Independencia y en la construcción de la Nación”. En *Pichincha: más allá de la batalla*, 132-37. Quito: Procuraduría General del Estado.
- Sevilla, Elisa, María José Jarrín, Karina Barragán, Paulina Jáuregui, Casandra Sabag Hillen, Agathe Dupeyron, Jenni Barclay, et al. 2023. “Envisioning the future by learning from the past: Arts and humanities in interdisciplinary tools for promoting a culture of risk”. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 92: 103712. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103712>
- Simpson, Edward. 2020. “Forgetfulness without memory: reconstruction, landscape, and the politics of the everyday in post-earthquake Gujarat, India”. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 26 (4): 786-804. <https://doi.org/10.1111/1467-9655.13416>
- Stewart, Ian, Elisa Sevilla, Karina Barragan y Emin Mentese. 2023. “Disaster risk communication requires dissemination, dialogue and participation”. *Nature Reviews Earth & Environment* 4: 805-6. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00506-w>
- Torres Lescano, Jéssica Pamela. 2021. *Ambato: terremoto y reconstrucción (1949-1961)*. Quito: UASB.
- 2023. *Terremoto, reconfiguración social y conciliación festiva en una ciudad de los Andes, Ambato, Ecuador 1900-1970*. Tesis doctoral, FLACSO-Ecuador.
- Valderrama, Lorena B. 2021. *Todos los temblores después del terremoto: configurar la experticia en un país sísmico*. Ediciones Universidad Alberto Hurtado.
- Valderrama, Lorena y Elisa Sevilla. 2021. “La discusión pública de los pronósticos de terremotos de Rudolf Falb en Ecuador y la costa sudamericana del Pacífico (1869-1889)”. *História Unisinos* 25 (3): 420-34. <https://doi.org/10.4013/hist.2021.253.3>
- Vásquez Hahn, Maria Antonieta. 2023. “Un monasterio, dos santas y más de tres terremotos. Una mirada hacia el Carmen Alto en el Quito Colonial y Republicano”. En *10 Años del Museo del Carmen Alto*. Secretaria de Cultura Alcaldía Metropolitana de Quito.
- Walker, Charles F. 2008. *Shaky Colonialism*. Duke University Press.
- Wilson, Geoff A. 2015. “Community resilience and social memory”. *Environmental Values* 24 (2): 227-57. <http://dx.doi.org/10.3197/096327114x13947900182157>
- Wisner, Ben, Piers Blaikie, Terry Cannon e Ian Davis. 2004. *At risk: natural hazards, people’s vulnerability and disasters*. Psychology Press.

PARTE III

7 | **Comuna Santa Clara de San Millán: gestión territorial y resiliencia comunitaria**

Fernando Barragán Ochoa, Víctor Jácome Calvache y
Gualdemar Jiménez

Nuestro hablar sobre los riesgos debe ir ligado a la realidad de cada uno de los sectores, esto quiere decir que se debe entender los procesos culturales y sociales que se dan en territorio, mucho más cuando estos están constituidos como espacios con capacidad de autodeterminarse. En el presente capítulo se trabaja sobre la comuna Santa Clara de San Millán, una de las tantas que existen en Quito pero que presenta características específicas, entre ellas, especialmente, su cercanía al centro de la urbe y los efectos del crecimiento de la ciudad. Esto la ha llevado a configurarse como un espacio con particularidades tanto en su desarrollo urbano como en los campos cultural y político, donde persiste una relación que no es fluida entre el gobierno local y el gobierno comunal.

En el territorio de Santa Clara de San Millán encontramos riesgos latentes para la población, los cuales se describen en el presente documento, y, a la vez, se evidencia la repetición de ciertos hechos, lo cual no ha llevado a la configuración de un plan que responda a la realidad de la comunidad o que cuente con la opinión de esta para su desarrollo e implementación. Este caso de estudio permite fortalecer la discusión y, sobre todo, interpelar lo que se hace desde los espacios de poder político, pero también desde los investigadores e investigadoras: cómo han sido los lazos comunicantes con la población y si lo que se produce logra cambiar en algo la realidad del riesgo que viven por estar situados en un territorio con diversas vulnerabilidades.

Crecimiento urbano de Quito y espacios comunitarios: el caso de Santa Clara de San Millán

Patrones espaciales del crecimiento de la mancha urbana de Quito

El crecimiento urbano de Quito se expresa en la ampliación del área consolidada y en el incremento de su población, aunque con patrones, intensidades y expresiones diversas. Mientras la población de Quito se ha multiplicado por 1,5 entre 2001 y 2022 (INEC 2023), la denominada

“mancha urbana” se ha triplicado en tres décadas (MDMQ 2015). Este patrón de crecimiento ha consolidado una morfología urbana dispersa y fragmentada (Ulloa-Espíndola y Pérez-Albert 2022). Estas dinámicas parten de una evolución de la mancha urbana que ha transitado por distintas fases y lógicas de desarrollo. Carrión y Erazo (2012) identifican dos períodos principales de la transformación del contexto urbano en Quito: la crisis urbana por la consolidación del Estado nacional y la crisis urbana por la modernización capitalista. En estos dos tiempos también se pueden inscribir los cuatro momentos de la historia de la urbanización en Quito identificados por Gomezjurado Jaramillo (2022): la Colonia, la primera expansión, modernización y expansión metropolitana.

Inicialmente, durante la crisis urbana por la consolidación del Estado nacional, la ciudad experimentó un crecimiento “sin control alguno”, lo que evidenció la necesidad de una planificación urbana para frenar la especulación de tierras y ofrecer un desarrollo más estructurado. Esta etapa generó un crecimiento dirigido principalmente hacia el norte, que adoptó un modelo jerárquico y segregado de desarrollo urbano, impulsado por una lógica económica capitalista concentradora y excluyente. Esta favoreció la acumulación de renta en manos de terratenientes urbanos y relegó a gran parte de la población al margen de servicios y equipamientos básicos.

Posteriormente, en el período de la crisis urbana por la modernización capitalista, la organización territorial de Quito evolucionó de una estructura lineal y extensiva a una configuración longitudinal-polinuclear. Esta transformación implicó la emergencia de núcleos o polos de articulación zonal, lo que dio origen a diversas centralidades urbanas especializadas, interconectadas y con áreas específicas de influencia. Este patrón territorial introdujo un tipo de segregación urbana basada en la especialización y la diferenciación de funciones.

El Municipio, a partir de los años sesenta, implementó políticas claves en áreas como el uso del suelo, vialidad, servicios y equipamiento, las que se pudieron consolidar con los recursos del auge petrolero. Esta fase refleja un equilibrio cambiante en la relación entre centralización, concentración y la dinámica centro-periferia, marcando una etapa de consolidación y madurez en el desarrollo urbano de Quito (Carrión y Erazo 2012). A lo largo de este proceso de expansión, la mancha urbana se fue ampliando sobre diversos territorios. En este capítulo interesa particularmente la interacción del crecimiento espacial de la mancha urbana con las poblaciones indígenas quiteñas, muchas de las cuales tienen una presencia prehispánica.

Las interacciones de las poblaciones indígenas asentadas en los alrededores de la urbe quiteña eran constantes, hombres y mujeres se trasladaban a Quito con fines de intercambio comercial, trabajo, religiosos, entre otros. Cumplidas sus actividades, retornaban a sus comunidades a pernoctar. Sin

embargo, en la segunda mitad del siglo XX, el crecimiento urbano avanzó hacia los territorios indígenas y los absorbió, ejemplo de esto son Llano Chico, Llano Grande, Mariana de Jesús (Calderón), Tanda, Chillogallo, Tarma, Chilibulo, Chaupicruz, El Batán, Cotocollao, entre otros. El Municipio declaró estos territorios como potencialmente urbanizables, autorizó la creación de nuevas parroquias urbanas y barrios e intervino en esos territorios, a menudo sin el pleno consentimiento de la población indígena (Jácome 2023). La interacción socioespacial entre las comunidades indígenas y el crecimiento urbano se expresa en los conceptos “indios urbanos” e “indios urbanizados”, utilizados a partir de 1930 para referirse a la población indígena en la ciudad, tanto aquella preexistente como la que había llegado a partir de procesos migratorios (Prieto 2004, 222).

En el caso específico de Santa Clara de San Millán, la interacción socioespacial entre la comunidad indígena y el crecimiento de la mancha urbana fue más intensa, entre otros factores, por su cercanía a la urbe quiteña: 3 km de distancia con relación al Centro Histórico. La absorción acelerada de los territorios de esta población por parte de la mancha urbana inició en la primera mitad del siglo XX, aunque previamente ya se habían registrado conflictos entre el “Común de Indios Libres de Santa Clara de San Millán” y hacendados, por el control de la tierra (Jácome 2023).

En los alrededores de Santa Clara de San Millán se encuentran evidencias arqueológicas de asentamientos humanos presentes en el período preincásico, así como los registros coloniales muestran su presencia en las tierras que actualmente ocupa en las laderas del Pichincha y en aquellas que ya no forman parte de su territorio, en calidad de anejo y “común de indios”. A partir de 1911, Santa Clara de San Millán obtuvo la personería jurídica de “comunidad indígena”. Este reconocimiento se complementa con el reconocimiento legal como “comuna indígena” obtenido en 1942, el mismo que le permitió conservar tanto su autonomía organizativa como sus territorios (Moscoso 2011; Jácome 2023).

Se caracterizó como anejo y común de indios de “Santa Clara de Sanmillán” porque sus miembros eran originarios del sector y no estaban adscritos a ninguna hacienda (“indios libres”), contaba con territorio propio y cada familia poseía una parcela para trabajarla. En cambio, el reconocimiento de carácter jurídico de “comunidad indígena” permitió que sus autoridades interaccionaran y negociaran directamente con el Estado y otros cooperantes, disminuyendo la intromisión, de arrastre colonial, del teniente político, los mestizos y curas en las decisiones comunitarias. Mientras que la categoría de comuna —establecida por la Ley de Organización y Régimen de Comunas de 1937 para incorporar en la división territorial nacional a las poblaciones no enmarcadas en la figura de parroquias y tener un mayor control de estas— permitió que Santa Clara de San Millán ratificara su propiedad comunal y que su gobierno y organización

comunitaria asumieran elementos exigidos por el Estado como estrategia de lucha (Tuaza 2018; Jácome 2023).

Integración difícil de la comuna de Santa Clara en la mancha urbana de Quito

La integración de los territorios de las comunidades indígenas en la mancha urbana de Quito no solo se expresa como una dinámica de interacción espacial, sino también como una superposición de visiones, usos y apropiaciones del territorio. Parte de los conflictos provienen de una vaga delimitación de los territorios. En Santa Clara de San Millán, las tierras reconocidas por el rey de España en el siglo XVI tenían los siguientes límites: al sur, hasta lo que hoy es la iglesia de San Blas; al norte, Rumipamba; al este, hasta limitar con Guápulo; al oeste, hasta limitar con Mindo.

El amplio territorio originalmente reconocido para el Común de Indios Libres de Santa Clara de San Millán fue cercenado en diversos momentos. A mediados del siglo XIX se registra un conflicto con más de dos décadas de duración con la hacendada Juana de Mazo que resultó en la pérdida del sector de Pambachupa. Esto implicó una división espacial del antiguo centro de la comuna en relación con el resto de los territorios comunales (Moscoso 2011). Este proceso, en un contexto de crecimiento urbano y desarrollo inmobiliario, resultó en la venta de tierras de la parte baja de la comuna y el traslado de la población comunera hacia las partes altas. En efecto, la estructura topográfica del territorio de la comuna configura una división entre las partes bajas y las partes altas, caracterizadas por fuertes pendientes en las faldas del volcán Pichincha.

La interacción espacial entre la comuna y el crecimiento urbano también se expresa en visiones diferentes del uso del espacio. El Municipio de Quito y las poblaciones que manejaban el poder económico exigían el cobro de impuestos a los indígenas sobre sus tierras comunales, así como la prohibición de algunas prácticas económicas y el confinamiento de celebraciones a espacios cerrados.

Con el incremento del costo de la tierra y los nuevos impuestos municipales, la población comunera empezó un proceso de venta en cadena de las parcelas de la zona baja de sus territorios, y trasladaron sus viviendas a las zonas altas. Como tal, el Cabildo Comunal de Santa Clara de San Millán, en 1928, solicitó al Ministerio de Previsión Social la prohibición de la venta de las tierras comunales. Ubicados en la zona alta del territorio comunal, iniciaron un proceso interno de urbanización. Para los años setenta, con la construcción de la av. Occidental, la zona habitada fue, al mismo tiempo, dividida en dos partes que pronto pasaron a denominarse Comuna Alta y Comuna Baja. Sin embargo, el crecimiento del área urbana de la comuna hacia las

laderas del Pichincha se detuvo con la declaratoria municipal, en 1983, de los bosques y páramos del Pichincha como área de protección ambiental del Distrito Metropolitano de Quito (Jácome 2023).

Los cambios socioespaciales en la comuna han generado diversas dinámicas que se expresan en distintos ámbitos, entre ellos su exposición frente a amenazas y sus capacidades para gestionar los riesgos de origen natural y social a los que están expuestos en este territorio (Fierro y Morán 2021). En efecto, como se analizará a continuación, el riesgo no puede ser visto fuera de la configuración espacial de los territorios en múltiples niveles de organización y escalas de análisis.

Una comuna expuesta en las laderas del Pichincha

Una ocupación del espacio problemática

El territorio de la comuna de Santa Clara de San Millán, así como el conjunto de las laderas del Pichincha, está expuesto a diversas amenazas (MDMQ 2015). Entre ellas, los denominados eventos morfoclimáticos tienen una gran importancia. Estos eventos resultan de la interacción de factores estructurales como el relieve y eventos disparadores, entre los cuales están: factores climáticos, sísmicos o volcánicos. Esta relación está mediada y contextualizada por dinámicas y procesos antrópicos que transforman y degradan las condiciones del suelo, y disminuyen la protección natural de las vertientes y laderas. Entre este tipo de eventos se encuentran las inundaciones, hundimientos, derrumbes y los flujos de lodo, que también son conocidos como aluviones, aludes o deslaves (Peltre 1989). En específico, los aluviones se definen como un movimiento de masa donde detritos, rocas y materia orgánica se amalgaman, a menudo con agua, para formar una masa que se desplaza rápidamente ladera abajo (Highland y Bobrowsky 2008).

La preocupación por estos eventos no es reciente. En efecto, en 1985, en el “Informe final sobre el control de la erosión y escurrimiento de las laderas del Pichincha - Quebrada Yacupugru”, realizado por U.S. Agency for International Development (USAID), se evidencia la problemática de posibles aluviones a partir del análisis de información histórica y por la construcción de un nuevo escenario, en el marco de la intensificación de la urbanización en áreas de fuerte pendiente:

[...] un rápido crecimiento de la ciudad hacia las faldas del Pichincha y además se observa una explotación indiscriminada de las canteras [...] el crecimiento ha continuado aumentando el deterioro de estas áreas con grave peligro para la ciudad. Se espera que futuras lluvias fuertes contribuyan a la remoción de una cantidad

considerable de material que será arrastrado hacia la ciudad, y si no causa serios daños, por lo menos creará problemas adicionales de mantenimiento a los sistemas de alcantarillado de la ciudad (USAID 1985, 112).

En esta misma línea, Peltre (1989), a partir de una sistematización de los eventos recogidos en la prensa nacional y local, identifica la ocurrencia de 31 aluviones en Quito entre 1947 y 1986, lo que se traduce en que cada cinco años se registró, aproximadamente, cuatro aluviones. En esta misma base de datos se observa que los aluviones corresponden al 23 % de los eventos registrados y casi el 60 % de los eventos de mayor gravedad, lo que permite caracterizar a los aluviones como eventos que ocurren con una frecuencia relativa menor, aunque elevada, pero con grandes impactos. A nivel espacial, la ocurrencia de aluviones en Quito se concentra especialmente en las laderas del volcán Pichincha y en otros sectores con fuertes pendientes (Peltre 1989).

Este proceso no ha cambiado, el crecimiento de la ciudad ha impulsado la urbanización acelerada de las laderas del Pichincha, fenómeno que se desarrolla de manera distinta dependiendo de cómo ha ocurrido la urbanización; es decir, si se trata de un proceso de toma o tráfico de tierras o por inversión inmobiliaria por medio de la construcción de vivienda. A partir de estas configuraciones se evidencia el orden y tipo de vivienda que se desarrolla en estas zonas, lo que es muy similar en los dos casos es el efecto ante la tierra por erosión o por la pérdida de la capa vegetal y, por otra parte, el embaulamiento de quebradas junto a la necesidad de proveer de servicios a los pobladores.

El estudio realizado expone la relación directa entre “el uso de la tierra y las características de la vegetación” (USAID 1985, 115), con lo que ya se advierte que la utilización de plantas no nativas y el creciente urbanismo en la zona aumentan el riesgo de aluviones. Los resultados de este estudio, como de otros, debían dar alarmas al Municipio de Quito para tomar medidas con respecto al manejo del riesgo. Esto implica responder a la forma en la cual se está poblando la ciudad y, a la vez, mapear actores en espacios comunales donde se deben desarrollar estrategias y metodologías específicas que respondan a las relaciones sociales y culturales que se generan en estos espacios territoriales. A continuación, se describen tres eventos similares que han afectado el territorio de Santa Clara de San Millán.

El aluvión de 2022

El evento más reciente fue el acaecido en la quebrada El Tejado el 31 de enero de 2022, y corresponde a un aluvión excepcional en términos de intensidad, velocidad y volumen. Entre los factores que generaron este evento no están únicamente las dinámicas biofísicas, sino también factores antrópicos que contribuyeron a su magnitud y consecuencias.

Como se ha analizado, el rápido crecimiento de la ciudad de Quito a partir de inicios del siglo XX, intensificado en las últimas décadas, ha empujado los límites de la urbanización en las laderas del Pichincha y en otros sectores de fuerte pendiente. Esta alteración antrópica del suelo, que incrementa la escorrentía superficial debido a su impermeabilización, ha conducido a una perturbación del ciclo hidrológico natural, incrementando la escorrentía superficial y, por ende, la consecuente inestabilidad de las laderas. La topografía propia de la quebrada El Tejado, con sus pronunciadas pendientes, junto con la erosión en altitudes superiores a 3200 msnm, desencadenaron deslizamientos de material. Este material, al mezclarse con el agua de lluvia, formó un lodo espeso que, al descender, bloqueó y desbordó el sistema de alcantarillado. Esto provocó el desplazamiento del aluvión, que finalmente se trasladó hacia las zonas de la comuna de Santa Clara de San Millán y La Gasca.

Además de lo señalado, el aluvión de 2022 fue producto de intensas y prolongadas precipitaciones que, al sobresaturar los suelos, predominantemente compuestos de limo y arena, los hicieron disparadores del evento. En efecto, para el 31 de enero de 2022, las previsiones meteorológicas habían anticipado precipitaciones de dos litros por metro cuadrado, sin embargo, las lluvias superaron ampliamente dicha proyección, alcanzando los 75 litros por metro cuadrado, extremos que no habían sido reportados en los últimos 20 años.

Estos factores incidieron en las características de un aluvión que descendió a una velocidad de hasta 30 kilómetros por hora. Así también, al desplazarse, se estima que el aluvión desplazó alrededor de 100 mil metros cúbicos de material compuesto por lodo, rocas y escombros. Este enorme volumen fue el principal causante de la destrucción de viviendas, vehículos y otros bienes. Además, provocó 28 muertes, 52 heridos, 170 personas damnificadas y 107 familias afectadas, de acuerdo con las cifras oficiales. Mientras que los daños materiales se estimaron en 15 millones de dólares (SNGRE 2022a, 2022b; INAHMI 2022).

Se evidencia que, en el proceso de reconstrucción de las zonas afectadas, también se da un proceso de reconstrucción del riesgo, ya que el Municipio ha implantado infraestructura similar a la destruida en los mismos lugares de mayor afectación (Argoti et al. 2023.). Así, los parques, las canchas, entre otros, se mantienen como zonas de encuentro familiar que, al ocurrir un evento similar, es posible que sufran los mismos daños económicos y sociales. Los derrumbes, deslaves o aluviones son riesgos latentes de la zona de Santa Clara de San Millán. Según una entrevista realizada a directivos de la comuna, se evidencia que a los riesgos mencionados anteriormente se suman otros como la seguridad o “la gran vía” (en referencia a la construcción de la av. Mariscal Sucre). No obstante, a pesar del reconocimiento del riesgo,

la comuna no cuenta con un plan que le permita actuar como comunidad; una de las tareas pendientes del gobierno comunitario y de la población comunera en general es el diseño de un plan para acceder a vías de socorro y escape (Argoti et al. 2023).

El deslizamiento de 1997

Otro deslizamiento se presentó el lunes 31 de marzo de 1997. El fuerte aguacero que enfrentó Quito causó daños a varios barrios del noroccidente de la ciudad y a la zona alta de la comuna de Santa Clara de San Millán. En esta ocasión, se contabilizó la destrucción de las viviendas de 20 familias y la afectación de otras 300 viviendas. Así también, hubo tres heridos y dos personas fallecieron al ser arrastradas por el flujo de lodo: una señora de 64 años y una niña de tres meses (*El Hoy* 1997a). También se destruyó el adoquinado de las calles, alcantarillado y la red de servicio eléctrico. Las pérdidas ascendieron a 1000 millones de sucres (263 574 dólares según el cambio de la época).

La lluvia provocó el represamiento en la quebrada de Pambachupa, en la zona de Cruz Loma. Los escombros descendieron por la calle Humberto Albornoz, que constituye un cauce natural de las aguas que se asientan en la quebrada de Puglluco. Además, el sistema de alcantarillado colapsó, ya que no estaba diseñado para soportar la precipitación en la fecha indicada. Las autoridades nacionales señalaron que el principal motivo del aluvión fue la deforestación de la zona alta de la comuna y que parte de la responsabilidad era del Municipio y sus autoridades de control. Empero, el Municipio replicó que no tenía definida su participación en el control de las áreas protegidas ecológicas, por la falta de claridad en las disposiciones emitidas por el Ministerio de Agricultura y el Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN) (*El Hoy* 1997b).

De acuerdo con las noticias de la época, los afectados señalaron la falta de soporte de las autoridades tanto locales como nacionales, pues solo contaron con el apoyo inmediato de las embajadas de Estados Unidos, Brasil y Nicaragua, que entregaron donaciones para las familias afectadas. Finalmente, el 2 de abril del mismo año, el presidente de la República, Fabián Alarcón, visitó la comuna y convocó a los dirigentes a una reunión para el 9 de abril. En este encuentro los comuneros solicitaron la ayuda en obras según las necesidades de los afectados y no la entrega directa de dinero (*El Hoy* 1997c).

Después de este evento, se iniciaron en Quito las discusiones entre entidades públicas, ONG y dirigentes de la Federación de Barrios Populares del Noroccidente de Quito, sobre una cultura de prevención de riesgos de desastres producto de la deforestación y la expansión urbana en las laderas del

Pichincha. En las reuniones, los dirigentes de los barrios se comprometieron a realizar mingas, campañas de aseo y mantenimiento permanente de las laderas (*El Hoy* 1997c). En tanto, el Municipio se planteó la recuperación de 32 quebradas y aplicar el proyecto de recuperación de las laderas del Pichincha, que estaba en estudios desde 1993.

En suma, la ocurrencia de diversos aluviones que han afectado a Quito a lo largo de los años resalta la vulnerabilidad de la ciudad y la construcción social del riesgo. En efecto, la rápida urbanización, la alteración de los ecosistemas y la construcción en zonas de riesgo han incrementado las consecuencias de estos eventos. Esto es aún más relevante en territorios comunales, cuyas características no han sido integradas en las lógicas institucionales de planificación y gestión de la ciudad, como se analizará en el siguiente punto.

El accidente de La Gasca de 1975

Durante la alcaldía de Sixto Durán Ballén se produjo el denominado “accidente de la av. La Gasca” del 25 de febrero de 1975. Este desastre fue resultado de un aluvión y es considerado históricamente uno de los más graves registrados en Quito. El aluvión arrastró rocas de dos toneladas de peso y lodo, dejando a su paso dos muertos, cinco heridos, la destrucción de varios autos y del sistema eléctrico y telefónico. Las viviendas y locales comerciales del sector también fueron fuertemente afectados. El recorrido del fango se dividió en dos en la calle Ritter: una parte se dirigió hacia la av. La Gasca y la otra continuó hacia el parque de Pambachupa. Se calcula que el lodo cubrió una longitud aproximada de 3 km, deteniendo su paso a la altura de la avenida Colón y calle Pinzón (*El Comercio* 1975).

De acuerdo con los relatos de diversos comuneros testigos de los hechos, parte de la responsabilidad recae en el Municipio. En efecto, una de las obras emblemáticas de la época era la construcción de la avenida Occidental. La construcción de esta gran infraestructura de vialidad requería el desplazamiento de grandes volúmenes de materiales que debían ser manejados adecuadamente. Según los testimonios de los comuneros, el flujo de lodo que descendió por la quebrada de Pambachupa produjo un represamiento que se alimentó con los residuos de la obra (Jácome 2023). Sin embargo, esta versión fue negada por el alcalde Durán Ballén, quien señaló que en la época aún no se trabajaba en la avenida Occidental, sino en obras de alcantarillado, el mejoramiento del camino viejo y en la construcción de un parque. A esto, el alcalde añadió que el colector de Pambachupa se taponó por la cantidad de piedras y fango. En efecto, el volumen de material movilizado fue de alrededor de 400 metros cúbicos, cifra más de 30 veces superior a la capacidad del colector de 11 metros cúbicos por

segundo (*El Comercio* 1975). La limpieza de los escombros estuvo a cargo del Municipio de Quito, el Concejo Provincial de Pichincha, los Bomberos, la Policía Nacional, la Defensa Civil y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

Desafíos de la gestión participativa del riesgo

La gestión administrativa en las quebradas de Quito debe reflejar una preocupación por los potenciales escenarios de riesgos. En este marco, es necesario entender la realidad específica de cada sector, incluyendo las relaciones sociales, económicas y culturales de las comunidades en sus territorios. Por lo tanto, los procesos de planificación urbana deben considerar la diversidad social y cultural. Esta diversidad puede verse como “una telaraña de significados que nosotros mismos hemos tejido a nuestro alrededor y dentro de la cual quedamos ineluctablemente atrapados” (Geertz 2003, 20). La incapacidad de reconocer las prácticas sociales y culturales de las comunas deriva en limitar la capacidad de interrelación y la pluralidad de la comunidad, la cual necesita significados para identificarse y construirse como espacio colectivo.

La invisibilización de las comunas no es solo un problema administrativo, es una mirada de la ciudad desde la lógica blanco-mestiza que obvia lo andino originario. En la propuesta de proyecto de delimitación de barrios, parroquias urbanas y rurales de la administración zonal Eugenio Espejo se habla de que “la definición de los barrios permitirá planificar el desarrollo de las parroquias, especialmente rurales, del distrito, y conformar los consejos barriales y parroquiales, así como sus articulaciones socio-organizativas” (Administración Zonal Eugenio Espejo 2020). Aquí se habla de barrios y parroquias, pero se ignora la presencia de comunas, comunidades y de los espacios organizativos que se han desarrollado por décadas.

El MDMQ (2015) desarrolló un *Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito*, el cual evidencia las vulnerabilidades de la ciudad. Entre las principales están los movimientos en masa, inundaciones y los incendios forestales, como los más comunes. Este esfuerzo por comprender las amenazas no tiene símiles en el ámbito del estudio de las vulnerabilidades ni de las capacidades comunitarias frente al riesgo de desastres. Sin duda, esto se refleja en las limitadas capacidades para formular políticas participativas en cuanto a temas de gestión de riesgos de desastres que prevengan la pérdida de vidas y promuevan sistemas territoriales resilientes como parte del compromiso colectivo y no solo una característica que desarrolla un individuo fuera de la realidad colectiva. Estas políticas permitirían que se gestione la vulnerabilidad y el riesgo, lo que significa que se debe invertir en infraestructura, a la vez que en la formación y empoderamiento de la población. En el caso de la comuna de Santa Clara

de San Millán, en los testimonios de los comuneros y durante el evento ocurrido el 31 de enero de 2022 no se ha logrado evidenciar una articulación con el Municipio para la gestión de riesgos como aquellos generados por eventos morfoclimáticos como los aluviones.

El Municipio plantea que, para el proceso de reducción de riesgos, “existen dos procesos definidos al respecto: por un lado, evitar la generación de nuevos riesgos en el territorio y, por otro lado, modificar o disminuir las condiciones de vulnerabilidad existentes” (MDMQ 2015, 24). En la práctica se evidencia que la reducción de nuevos riesgos no se da; al contrario, se permite que tanto la urbanización legal como la ilegal se sigan dando en las faldas del Pichincha. Además, no se cuenta con una política clara respecto al tipo de arborización, que, en su mayoría, son eucalipto. En el mencionado Atlas se manifiesta que “la Campaña Quito Listo es un ejemplo claro de prevención y preparación de la comunidad” (MDMQ 2015, 24), sin embargo, no se ha logrado encontrar documentación que permita analizar los enfoques metodológicos utilizados, especialmente si hubo una selección de beneficiarios segregados por género, etnia o pertenencia etaria, así como tampoco se han encontrado estudios de impacto que permitan medir y evaluar si la campaña logró su objetivo.

En suma, las políticas de gestión de riesgos del Municipio de Quito enfocadas en la gestión del territorio de las laderas del Pichincha no han incluido la participación de las autoridades y los pobladores de la comuna de Santa Clara de San Millán. Incluso, no es sino hasta el aluvión de 2022 que se menciona a esta comuna en los documentos oficiales, lo que fortalece la tendencia de manejar el riesgo desde la respuesta y no desde la construcción colectiva de alternativas de fortalecimiento personal y comunitario. Con estas medidas se podría responder de manera proactiva ante un posible hecho adverso, el cual podrá ser superado con una postura resiliente solo si la ciudad y su ciudadanía se autoreconoce con valores, capacidades y un entramado cultural que nos vuelve diversos y únicos en la convivencia social.

Lo señalado muestra una gestión del riesgo desde una dirección arriba-abajo (*top-down*), que ha generado un sistema poco funcional por los límites del Estado, en todos sus niveles, en su capacidad de articulación interinstitucional y, aún más, en su capacidad de articulación con la población. En consecuencia, esta forma de pensar la gestión de riesgos reproduce el círculo de destrucción y reconstrucción cuando se trata de desastres o las soluciones planteadas no responden a los contextos de las poblaciones afectadas (Santillán y Puga-Cevallos 2023).

La complejidad del territorio de la ciudad de Quito no es el resultado, únicamente, de geoformas diversas desde la perspectiva biofísica, sino también de la diversidad de procesos socioculturales y demográficos. Desde esta perspectiva, la interacción de poblaciones diversas, producto de la confluencia de migraciones internas y externas, incide en la diversificación de realidades, necesidades y desafíos. Este mosaico de vidas, influencias culturales, prácticas y patrones de asentamiento demanda miradas atentas y reflexivas para comprender, en su totalidad, los desafíos para una gestión integral de los riesgos de desastres.

En las laderas del Pichincha, la interacción entre procesos geomorfológicos y actividades e infraestructuras antrópicas presenta un panorama complejo y desafiante. Esta área, marcada por eventos morfoclimáticos como los aluviones, pone de manifiesto la vulnerabilidad de las comunidades, en particular la comuna Santa Clara de San Millán. A esto se suma la acelerada urbanización y una particular apropiación del espacio, incluyendo terrenos comunitarios. Una adecuada gestión de riesgos en este territorio exige un enfoque integral que contemple su diversidad territorial y las particularidades inherentes a su ocupación y desarrollo. Así, la gestión de riesgos no puede limitarse a tomar medidas técnicas y administrativas desde una entidad central. El núcleo de la resiliencia se encuentra en la comunidad. Es la comunidad la que vive, experimenta y, a menudo, sufre las consecuencias de las decisiones tomadas a nivel macro. Su formación, participación activa y fortalecimiento son esenciales. Las políticas y prácticas de gestión de riesgos deben, por lo tanto, ser co-construidas, tomando en cuenta las experiencias, conocimientos y capacidades de las comunidades locales.

El estudio de la comuna de Santa Clara de San Millán evidencia cómo la sobreposición del crecimiento urbano sobre espacios con ciertas características biofísicas puede incrementar las condiciones de vulnerabilidad. Esto se constata, en específico, en la ocurrencia de eventos morfoclimáticos. En efecto, el análisis histórico muestra que no se trata de un evento totalmente excepcional, sino que su contextualización histórica permite comprender un proceso espaciotemporal en el que se observa que el crecimiento urbano, especialmente sobre espacios comunitarios, impone presiones adicionales al territorio, configurando escenarios donde hay procesos activos de construcción social del riesgo.

Frente a estos desafíos, se identifica la necesidad de abordar los retos de la gestión de riesgos desde una perspectiva territorial adaptada a las particularidades de la comuna de Santa Clara de San Millán. Esta

adaptación implica considerar tanto las amenazas naturales como las antrópicas, además de integrar a la comunidad en la formulación e implementación de políticas y estrategias de gestión.

El examen crítico de las políticas públicas y las intervenciones en materia de gestión de riesgos en las laderas del Pichincha subraya la importancia de replantear enfoques y prácticas. Es esencial que estas intervenciones no solo sean reactivas, sino proactivas, anticipándose y adaptándose a las condiciones cambiantes del territorio y sus habitantes. Esto implica reconceptualizar la gestión de riesgos en las laderas del Pichincha hacia una perspectiva integral, adaptativa y participativa, que considere tanto las configuraciones territoriales macro como microlocales.

Además, es fundamental reconocer que el concepto de riesgo no es estático ni homogéneo. La percepción y gestión del riesgo varían en función de múltiples factores, entre ellos la cultura, la historia, las experiencias previas y el entorno socioeconómico. En contextos territoriales diversos como Quito se requiere el desarrollo de estrategias de planificación territorial frente a condiciones estructurales de riesgo, pero que también sean flexibles y adaptables a las dinámicas cambiantes de la ciudad. La gestión del riesgo de desastres no puede desvincularse de la esencia misma de lo que significa desarrollo, entendido no como la acumulación de bienes, sino como el entendimiento de los derechos y sus satisfactores, los cuales permiten tener una vida plena. En este sentido, las políticas públicas generan una relación conflictiva con las comunidades, porque responden a una mirada política centrada en el individuo y no en la comunidad, lo que rompe la posibilidad de fortalecer el tejido social y, por consiguiente, de tener una relación armónica con el medio y sus habitantes.

Hablar de comunas no se puede centrar solamente en la relación del gobierno local con los gobiernos territoriales, es plantearse desafíos en la gobernanza y en la construcción de futuro, la cual no gira en torno al bien particular, sino al comunitario. Este es el punto que no logra ser superado y asumido por parte de quienes construyen las políticas. El bien común no es el acceso a servicios por parte de muchos individuos, al contrario, debe ser la posibilidad de tener espacios de encuentro, discusión y recreación de la realidad, para construir un futuro en el cual todos y todas tengamos cabida, desde cada realidad cultural, étnica y social.

- Administración Zonal Eugenio Espejo. 2020. *Proyecto de delimitación de Barrios, Parroquias Urbanas y Rurales*. Quito: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Administración Zonal Eugenio Espejo.
- Argoti, C., S. García, C. González, F. Mora, E. Murillo y J. Zapata. 2023. *Mapa de riesgos comunitarios de la Comuna de Santa Clara de San Millán*. Quito: IAEN.
- Carrión, Fernando, y Jaime Erazo. 2012. "La forma urbana de Quito: una historia de centros y periferias". *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 41 (3): 503-22.
- El Comercio*. 1975. "La Gasca se convirtió en el barrio de las lamentaciones", 27 de febrero, sección B.
- El Hoy*. 1997a. "Quito inventa diariamente su propio aluvión", 5 de abril, sección B.
- 1997b. "Por una cultura de la prevención", 6 de abril, sección B.
- 1997c. "Agua para el 10% de Quito", 9 de abril, sección B.
- Fierro, Lucero, y Jéssica Morán. 2021. "Perspectiva socioambiental del riesgo de deslave en la Comuna de Santa Clara de San Millán perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito. Periodo 2014-2020". Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20880>
- Geertz, Clifford. 2003. *La interpretación de las culturas*. Gedisa.
- Gomezjurado Jaramillo, Cristina. 2022. "Modelo de desarrollo territorial. ¿Cómo revertir la expansión y segregación?". En *Quito: realidades, desafíos y alternativas* editado por Augusto Barrera Guarderas, et al., 141-170. Quito: FES-ILDIS y PUCE.
- Highland, Lynn M., y Peter Bobrowsky. 2008. "The Landslide Handbook. A Guide to Understanding Landslides". *Geological Survey Circular* 1325.
- INAHMI. 2022. *Boletín especial meteorológico. Aluvión sector La Gasca y Comuna*: 1-3.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2023. "Censo Ecuador. Resultados Nacionales". <https://acortar.link/eCj6Oh>
- Jácome Calvache, Victor. 2023. "La lucha por el reconocimiento de las comunas indígenas urbanas de Quito: el caso de Santa Clara de San Millán, 1911-1990". Tesis doctoral, Universidad Andina Simón Bolívar.
<http://hdl.handle.net/10644/9294>
- MDMQ (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito). 2015. *Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: MDMQ. <https://shorturl.at/uvxF1>

- Moscoso, Lucía. 2011. "Rumipamba: aproximación histórica". En *Rumipamba: un sitio arqueológico en el corazón de Quito*, editado por Adriana Grijalva Cobo, 69-126. Quito: Ministerio de Cultura.
- Peltre, Pierre. 1989. "Quebradas y riesgos naturales en Quito, periodo 1900-1988". En *Riesgos naturales en Quito. Lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi*, coordinado por Pierre Peltre, 45-91. Corporación Editora Nacional.
- Prieto, Mercedes. 2004. *Liberalismo y temor: imaginando los sujetos indígenas en el Ecuador postcolonial, 1895-1950*. Quito: FLACSO-Ecuador / ABYA-YALA.
- Santillán, Alfredo y Elisa Puga-Cevallos. 2023. "Habitar territorios en riesgo: apropiaciones espaciales y disputas simbólicas en dos barrios periféricos de Quito". *Íconos - Revista de Ciencias Sociales* (75): 81-102.
<https://doi.org/10.17141/iconos.75.2023.5511>
- SNGRE (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias). 2022a. "Lineamientos para la gobernanza de la gestión de riesgos de desastres en los gobiernos autónomos descentralizados municipales y descentralizado". <https://acortar.link/t4BEsn> – 2022b. "Informe Nro. 11-Aluvión de Quito". <https://acortar.link/epWe8b>
- Tuaza, Alberto. 2018. *Anejos libres e indios sueltos. La Moya y sus alrededores*. Universidad Nacional del Chimborazo.
- Ulloa-Espíndola, René, y Yolanda Pérez-Albert. 2022. "Validación de un modelo de predicción del crecimiento urbano en Quito (Ecuador) construido mediante pesos de evidencia y autómatas celulares". *EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales* 48 (144): 1-27.
<https://doi.org/10.7764/EURE.48.144.06>
- USAID (U. S. Agency for International Development). 1985. *Informe final del control de la erosión y escurrimiento de las laderas del Pichincha. Quebrada Yacupugru*. Cohidro Consultores Cia. Ltda. / Camp Dresser & McKee International Inc.

8 | Solanda: subsidencia del suelo en la zona de influencia del Metro de Quito

Ramses Morante I., Luis Pilatasig M. y
Fernando Puente-Sotomayor

Solanda es un barrio residencial ubicado al sur de Quito, sus edificaciones son el resultado de un proceso de construcción social continuo derivado de un plan de vivienda progresiva de los años ochenta. Luego de constantes modificaciones, la mayoría de sus casas exceden el número de pisos establecidos en la norma constructiva de la ciudad y sobrecargan las estructuras que originalmente fueron diseñadas para soportar cargas menores.

A finales de 2017, los habitantes de Solanda reportaron fisuras en sus viviendas, las cuales se asociaron a las excavaciones y la vibración por la construcción del túnel del Metro de Quito, que atraviesa el barrio subterráneamente, de norte a sur. Después de un diagnóstico realizado por técnicos municipales y académicos, se determinó que se trataba de una subsidencia del suelo¹ con varias causas, entre ellas la composición del mismo, la sobrecarga estructural de las viviendas y la extracción del agua subterránea para la construcción del túnel del Metro.

Como resultado de la subsidencia, dos viviendas fueron declaradas no habitables y 150, con alta vulnerabilidad. A pesar de la afectación, los habitantes de esas casas continúan habitándolas, ignorando o aceptando el riesgo existente. Al respecto, el MDMQ ha establecido un monitoreo periódico a los lotes afectados y la empresa Metro de Quito ha activado las pólizas de seguro en caso de afectación a viviendas cercanas, con una cobertura de apenas 50 m desde el trazado del túnel.

En este capítulo se presenta una breve descripción del proceso de construcción y crecimiento del barrio de Solanda, las afectaciones debidas a la subsidencia y los principales factores que fueron identificados como causantes del fenómeno.

¹ La subsidencia terrestre es “un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas” (Tomás et al. 2009, 7). Acorde al Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador (SNGRE), está compuesta de “movimientos lentos de la superficie del terreno que desciende verticalmente de forma gradual. Se genera por la acción prolongada de compactación debido a acciones naturales o antrópicas” (2018, 30), siendo en la mayoría de los casos una combinación de ambos factores.

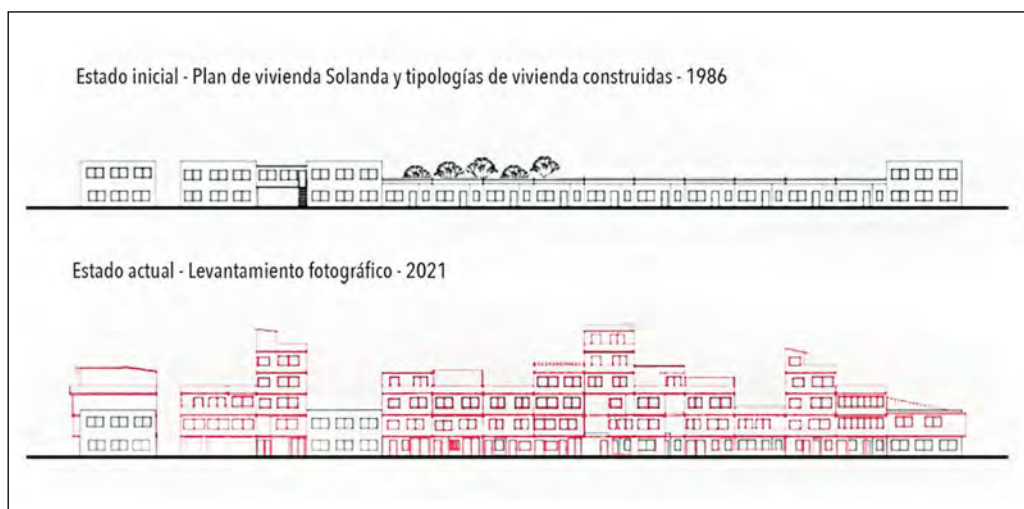
Solanda, del plan de vivienda social al crecimiento no planificado

En 1976, María Augusta Urrutia donó a la Fundación Mariana de Jesús 150 hectáreas de los terrenos que antes conformaban la hacienda de la Marquesa de Solanda, en el sur de la ciudad, para la construcción de un plan de vivienda para familias con bajos ingresos. En el prólogo de la obra de Rodríguez, Espinosa afirma que, originalmente, la intención de la benefactora era donar los terrenos de su hacienda La Granja, pero fue detenida por el Municipio de Quito ya que no se podía construir un barrio obrero en el norte de la ciudad (Rodríguez 1990). Los registros históricos indican, además, que en el área donde se construiría el plan de vivienda social existía acuíferos, pantanos y quebradas que fueron rellenadas. No obstante, mediante convenios con la Junta Nacional de la Vivienda, el Banco Ecuatoriano de la Vivienda, el Municipio de Quito y la USAID se construyó el plan de vivienda Solanda (Rodríguez 1990).

En 1986, una década después, se entregaron las primeras viviendas bajo el modelo de construcción progresiva (es decir, inacabadas) a familias que luego tendrían que pagar las cuotas crediticias y realizar modificaciones para volverlas habitables. De esta manera, se otorgaron seis modelos de vivienda con distintas flexibilidades para el crecimiento progresivo, en lotes cuya área variaba desde 60 m² hasta 123 m², como se describe a continuación.

- a) Unidad sanitaria: fue el modelo de vivienda menos completo, con 10 m² de construcción que consta de un baño y una cocina en un terreno de 60 m².
- b) Unidad piso-techo: construida en terrenos que van desde 60 m² hasta 80 m². Incluía un baño, una cocina y un espacio multiusos sin paredes exteriores pero cubierto con un techo de cemento.
- c) Unidad básica: incluía los componentes anteriores, con la adición de paredes exteriores hechas de ladrillos. Esta unidad tenía dos variaciones de techo: con losa de concreto y con techo de plástico corrugado.
- d) Unidad tri-familiar: tres apartamentos, uno en el primer piso con la posibilidad de albergar un local comercial, un apartamento en el segundo piso y un apartamento contiguo de dos pisos. Este modelo se construyó en las esquinas de las manzanas para promover la actividad comercial.
- e) Vivienda puente: el modelo menos popular, creado sobre pasajes peatonales. Incluía un baño, una cocina y un espacio multifuncional.

Como parte de un esfuerzo ciudadano para volverlas habitables, las mejoras a las casas entregadas se realizaron sin supervisión técnica ni mano de obra calificada, siendo estas adecuaciones de baja escala y escasa planificación.



Fuente: Moncayo Torres (2021).

Las ampliaciones de mayor escala, realizadas posteriormente, fueron financiadas mediante las remesas enviadas por los migrantes tras la crisis de la dolarización.

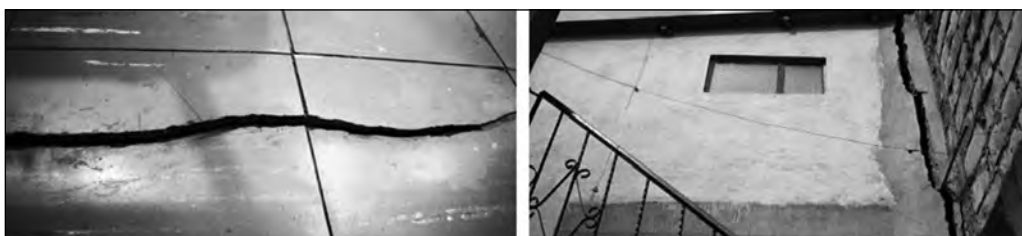
Actualmente, la mayoría de las viviendas originales, o lo poco que queda de ellas, no son visibles desde el exterior; las construcciones se elevan hasta seis pisos, cuando en la planificación original eran de dos pisos y la altura máxima es de cuatro según la normativa vigente (figura 8.1). El barrio residencial, que desarrolló una fuerte vocación comercial, sufre un proceso de deterioro urbano causado por la inseguridad y los flujos migratorios.

La subsidencia del suelo en Solanda y sus causas múltiples

La subsidencia del suelo es un problema importante y preocupante en Solanda. Este fenómeno ocurre cuando el suelo se hunde o se asienta debido a diversas causas como procesos geológicos naturales, actividades humanas o una combinación de ambos. En el caso de Solanda, existen factores específicos que contribuyen al hundimiento y que han tenido consecuencias adversas para quienes viven en las casas afectadas.

Para empezar, es fundamental entender qué implica la subsidencia del suelo y cómo se produce. Esta se refiere al movimiento descendente de capas de suelo o sedimentos, que provoca el hundimiento o asentamiento diferencial de la superficie, lo que afecta a las construcciones que pudieran levantarse sobre este. Puede ocurrir gradual o repentinamente debido a ciertos factores desencadenantes, como la extracción excesiva de agua

Figura 8.2. Daños en viviendas de Solanda



Fuente: Ciudad Modelo; Rivas y Ramón (2018).

Nota: izquierda, se advierten grietas en el piso de una vivienda ubicada en el Sector 1. Derecha, separación entre dos viviendas.

subterránea, sistemas de drenaje inadecuados o condiciones geológicas propensas a la inestabilidad.

En Solanda, a finales de 2017, los habitantes del barrio notaron la repentina aparición de fisuras y grietas en varias edificaciones, tanto en mamposterías como en pisos (figura 8.2).

Este fenómeno, que afectó a varias casas, fue rápidamente asociado por la ciudadanía como una consecuencia directa de la excavación para la construcción del Metro de Quito (Rivas y Ramón 2018). Las peticiones de los propietarios y residentes pronto hicieron eco. En poco tiempo, el evento fue cubierto por la prensa local y debidamente documentado por la ciudadanía. Adicionalmente, un grupo de moradores afectados presentó sus quejas en la DMGR de la Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad (SGSG).

Cabe mencionar que, según afirma Irwin Álvarez en una entrevista, la DMGR ya realizaba monitoreos periódicos desde 2017 en el Sector 4 de Solanda, como parte de una consultoría en Turubamba, un barrio aledaño que presentaba afectaciones por subsidencia. Acorde al informe técnico, “70 predios, de un total de 120, se encontraban en riesgo alto por subsidencia y sismos” (Álvarez et al. 2016).

A inicios de enero de 2018, se realizó la primera inspección técnica, después de la cual se organizó un equipo interinstitucional con la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, Metro de Quito, DMGR, entre otras (Álvarez et al. 2016), con la finalidad de verificar las posibles causas de los asentamientos diferenciales de las viviendas en el barrio de Solanda. Una vez realizadas las inspecciones necesarias, se concluyó que:

- Existe deterioro en el sistema de alcantarillado, debido a procesos de desplazamiento del suelo, lo que requiere intervención inmediata.
- Se requieren estudios geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos integrales de todo el sector, en relación con el uso potencial del suelo. Además de un estudio de vulnerabilidad de las construcciones del sector, tomando en consideración el fenómeno suscitado y potenciales eventos sísmicos.

- Es necesario el control de los incrementos de altura de las edificaciones en el sector.

Posteriormente, se realizaron inspecciones rápidas de las construcciones afectadas en los meses de mayo y junio. Y, para cumplir con lo previamente acordado, en julio del mismo año, se firmó un convenio con la EPN y la PUCE, que permitió la elaboración de informes técnicos sobre la mecánica de suelos y la hidrogeología del sector afectado.

Las causas que podrían explicar las excesivas deformaciones del terreno registradas en el barrio de Solanda se enumeran a continuación y posteriormente se explican aquellas que se consideran más relevantes.

- Estado actual de las alcantarillas del sector
- Transferencias de cargas a la cimentación
- Lavado de finos
- Extracción de agua durante la construcción de la salida de emergencia SE4, dentro del proyecto Metro de Quito
- Consolidación (deformación) por descenso del nivel freático
- Composición de los estratos del subsuelo

Sobreconstrucción y capacidad de las estructuras

Para los diferentes análisis no lineales que se realizaron en el sector, se consideró la afectación que pueden tener las estructuras debido a la interacción que existe con las viviendas adyacentes. Para el caso de asentamientos, esta interacción se logró calibrando los modelos, de esta manera se observó que los niveles de daño producido en la vivienda dependen del comportamiento de las estructuras colindantes.

Las inspecciones, los estudios y las modelaciones revelaron que las edificaciones informales que presentan más de tres pisos muestran una vulnerabilidad alta ante subsidencias y sismos. Esto se debe a la falta de planificación al hacer su ampliación vertical y se puede evidenciar en el tamaño de sus columnas. Por estas razones, las estructuras evaluadas de tres pisos, y especialmente las mayores a cuatro pisos, no son aptas para desempeñarse adecuadamente ante la presencia de sismos en la ciudad de Quito.

En el análisis no lineal estático para asentamientos se pudo comprobar que los primeros niveles de daños se produjeron en las paredes de mampostería y que estos fueron provocados por la degradación rápida de la rigidez. Además, se observó que las paredes tienen una aportación considerable en el rango elástico mientras que su aporte en el rango inelástico es casi nulo.

Extracción de agua subterránea para la construcción del metro

Solanda es uno de los 62 barrios de la urbe atravesados por el proyecto del Metro de Quito. Una de las estaciones se ubica en el extremo norte del barrio y se construyó un pozo de salida de emergencia en uno de los parques del Sector 4, ubicado en las calles Bartolomé Solón y Miguel Barabara (figura 8.3). Mediante este pozo se realizó el bombeo de agua subterránea a la superficie, como estaba planteado para el proceso constructivo (Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2019).

La extracción significativa de agua del acuífero para la construcción del pozo de emergencia SE4, con un diámetro de 8,2 m y una profundidad aproximada de 37 m, se identifica como la causa crítica que podría explicar las deformaciones excesivas del terreno en el área. Este proceso de extracción, al perturbar el equilibrio hidrogeológico de la zona, parece haber generado una subsidencia notable que se extiende más allá de los límites de responsabilidad establecidos para la construcción de la infraestructura relacionada con la línea del metro, alcanzando más de 40 m. Este fenómeno podría tener una conexión directa con el acuífero del yacimiento El Pintado, del cual forma parte el barrio Solanda, que abarca una superficie de aproximadamente 12,5 km² (Yepes et al. 2019).

Desde la colocación del pozo, los moradores del sector expresaron malestar debido al ruido y la vibración de los trabajos realizados, incluso en horas nocturnas. Adicionalmente, el pozo los ha privado de una zona recreativa que era de gran importancia para las viviendas aledañas (Rivas y Ramón 2018). Nadie les advirtió que el ruido sería el menor de sus problemas a futuro.

Figura 8.3. Vista aérea del pozo y salida de emergencia del Metro en el parque del Sector 4 de Solanda



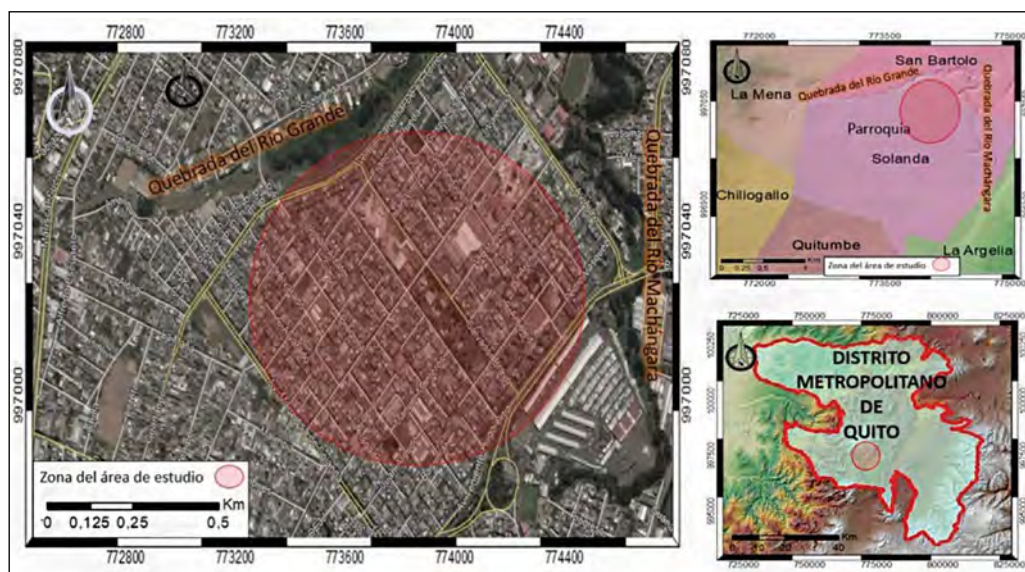
Fuente: Ciudad Modelo; Rivas y Ramón (2018).

El análisis de las características geológicas e hidrogeológicas del subsuelo en Solanda proporciona una perspectiva crucial para entender la subsidencia del suelo que ha afectado las viviendas en esta zona. La región presenta una compleja interacción de factores geológicos y tectónicos que contribuyen a la vulnerabilidad del terreno.

Solanda está ubicada en el borde occidental de la depresión Interandina o valle Interandino, específicamente en la zona localizada entre las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental de los Andes-ladera oriental del complejo volcánico Pichincha y el sistema de colinas Puengasí-Lumbisí-Bellavista-Catequilla. Esta particularidad da forma a un valle elongado que se extiende desde San Antonio de Pichincha, en el norte, hasta Guamaní-Cutuglagua, en el sur. Esta configuración es interrumpida en la zona centro-sur por la presencia de la loma El Panecillo. Desde El Panecillo hasta la zona de Guamaní, la zona sur es parte de la cuenca hidrográfica del río Machángara, formado por la confluencia de varias quebradas como Caupicho, al este, Ortega, al centro, y Río Grande, al oeste (mapa 8.1). La mayoría de los drenajes tienen formas algo sinuosas o meándricas.

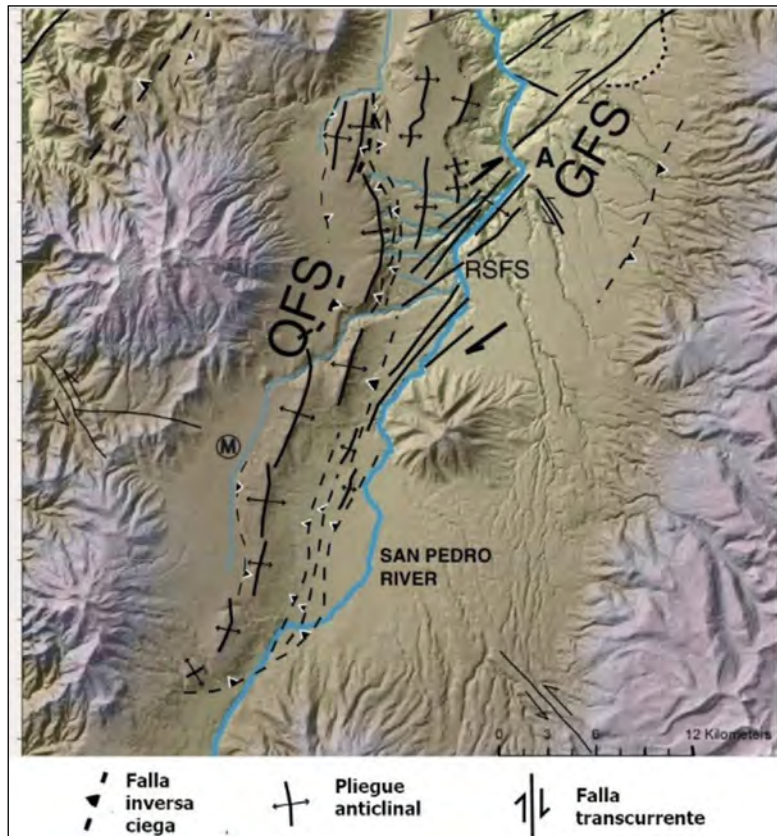
Esta región del Ecuador, morfológicamente la región occidental del valle Interandino, constituye un valle levantado con respecto a la región oriental relacionada con los valles de Los Chillos y Tumbaco. Desde el punto de vista tectónico, esta región está localizada entre el sistema de fallas Pallatanga-Pujilí-Calacalí, al oeste, y el sistema de fallas Quito, al este (mapa 8.2).

Mapa 8.1. Imagen parcial de Quito y drenaje en Solanda



Nota: se muestra parte del valle drenado por las aguas de la cuenca hidrográfica del río Machángara y la ubicación de Solanda.

Mapa 8.2. Imagen parcial de mapa neotectónico de la región de Quito



Fuente: Alvarado et al. (2014).

Nota: incluye los trazos de las fallas y pliegues relacionados con la falla Quito. QFS = Sistema de Fallas Quito, GFS = Sistema de Fallas Guayllabamba, M = río Machángara. Solanda está ubicada aproximadamente en la sigla M. Las líneas negras continuas y entrecortadas ubicadas en la zona noroccidental de la figura son fallas del Sistema de Fallas Pallatanga-Pujili-Calacali.

La falla geológica Quito, catalogada como activa (Eguez et al. 2003) ocasiona que la zona sur donde se asienta la ciudadela Solanda tenga un desnivel de alrededor de 400 m con respecto a la zona San Rafael-Sangolquí.

La zona occidental del valle Interandino donde se asienta la ciudadela Solanda forma parte de la denominada cuenca sedimentaria de Quito, la cual se divide en dos subcuencas, una al norte de la zona de La Alameda y otra al sur de la colina El Panecillo. Las subcuencas, por su naturaleza y composición litológica, contienen aguas subterráneas, cuya extracción puede provocar subsidencia del terreno. La subcuenca sur de la cuenca de Quito está localizada entre las estribaciones orientales de las colinas o cerros ubicados en la región Loma Ungui-Atacazo y las estribaciones occidentales de la loma Puengasí. En sentido longitudinal, la zona donde se asienta la ciudadela Solanda ocupa la zona central de la región, ubicada entre la divisoria de aguas de la cuenca del río Machángara y la quebrada Saguanchi, y la colina El Panecillo.

La cuenca sedimentaria de Quito, y específicamente la subcuenca sur, está rellena por depósitos fluvio-lacustres intercalados con depósitos de ori-

gen volcánico, incluidos en la formación Machángara y formación Cangahua (Longo y Henderson 1976). La formación Machángara está constituida por niveles de lavas, aglomerados, tobas y sedimentos mal clasificados (Longo y Henderson 1976). La formación Cangahua está constituida por varios niveles de ceniza volcánica de color café claro en partes compacta y en partes deleznable, intercaladas con varios niveles de lapilli.

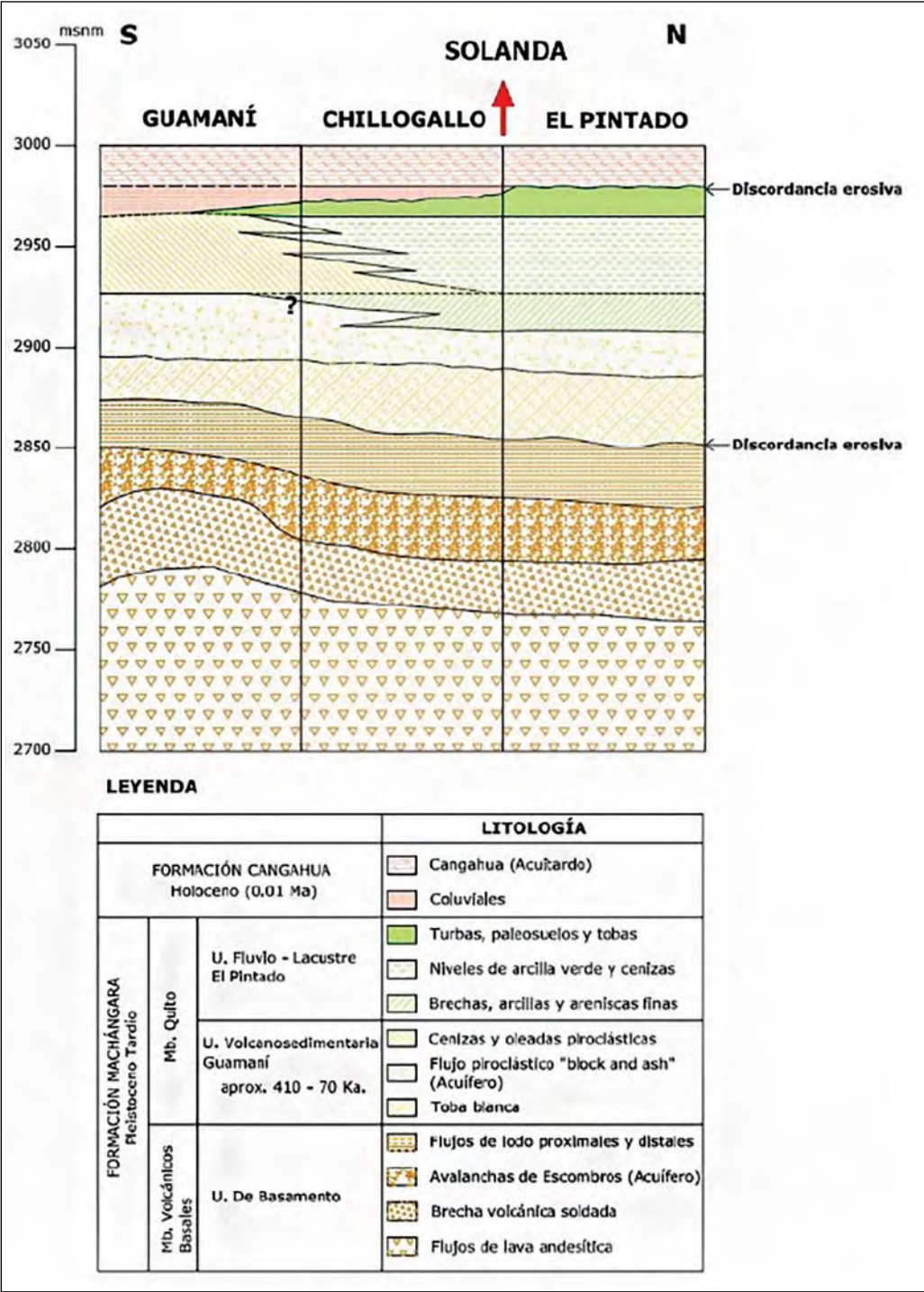
En la zona sur entre El Panecillo y la zona de Guamaní, la sucesión litológica corresponde a depósitos de avalancha de escombros, flujo de lodo, flujo piroclástico, ceniza, oleada piroclástica, brecha, arcilla, arenisca, turba, paleosuelo, toba, coluvial y cangahua (figura 8.4), niveles incluidos en la unidad Basamento o miembro volcánico Basal, unidad volcanosedimentaria Guamaní y unidad fluvio-lacustre El Pintado, ambas correlacionables con el miembro Quito y parte de la formación Machángara, todas sobreyacidas por la formación Cangahua (Peñafiel 2009).

Con base en dos perforaciones realizadas en el sector de Solanda, los primeros 13 metros de la columna estratigráfica incluyen los siguientes depósitos: contrapiso/capa vegetal/material de relleno, limo de alta plasticidad café oscuro, arena fina gris, suelo orgánico negro con plasticidad, limo de alta plasticidad café oscuro, arena limosa café oscuro y limo de alta plasticidad café oscuro (Bucheli y Realpe 2018). Debido a la plasticidad, estos depósitos deben estar húmedos, lo que los hace muy deformables ante cambios del nivel freático.

Los datos geológicos determinan que prácticamente todos los niveles son depósitos constituidos por fragmentos de rocas y/o minerales con matriz o sin matriz, con compactación y quizá algo de consolidación, por ende, con un porcentaje de porosidad y posibilidades de transmitir fluidos. Peñafiel (2009) determina que los niveles litológicos catalogados como “avalancha de escombros y flujo piroclástico” constituyen acuíferos y la Cangahua constituye un acuitardo.

En conclusión, respecto a las características del subsuelo en Solanda, se puede afirmar que contiene aguas subterráneas, cuya extracción puede provocar subsidencia del terreno. Además, los depósitos que conforman el suelo serían sumamente deformables ante cambios del nivel freático, debido a su alta plasticidad. Por lo tanto, el suelo es propicio para la subsidencia causada por factores naturales y antrópicos.

Figura 8.4. Sucesión litológica de la subcuenca Sur



Fuente: Peñafiel (2009).
Nota: se observa que varios de estos niveles litológicos constituyen cuerpos de aguas subterráneas (acuífero o acuitardo).

Ante los desafíos planteados por la subsidencia del suelo, la efectividad de las instituciones locales y nacionales se convierte en un factor crucial para gestionar el riesgo urbano de manera adecuada y oportuna. La coordinación entre entidades municipales, organismos gubernamentales y la comunidad es clave para implementar estrategias que mitiguen los riesgos y propicien soluciones sostenibles.

En este sentido, como respuesta a la gestión comunitaria de los moradores del sector ante las afectaciones por subsidencia en Solanda, las siguientes instituciones realizaron inspecciones e informes, como se indica a continuación:

- PUCE: Informe de diagnóstico preliminar, en 2018
- Secretaría General de Seguridad, DMGR: Informe técnico acerca del fisuramiento de las viviendas, en 2018
- Secretaría Metropolitana de Territorio, Hábitat y Vivienda: Informe técnico de acciones a mediano y largo plazo, en 2019
- Empresa Pública Metropolitana Metro de Quito: Informe de cumplimiento de recomendaciones realizadas en los estudios de diagnóstico, en 2019
- Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito: Caracterización hidrogeológica del acuífero sur de Quito, en 2019, e Informe de acciones inmediatas de la EPMAPS para atender los problemas ocasionados en el sistema de alcantarillado por asentamientos en la ciudadela de Solanda, en 2019.

Cabe mencionar las acciones de intervención a corto, mediano y largo plazo que permitirán mitigar los riesgos identificados, expedidas por la Secretaría Metropolitana de Territorio, Hábitat y Vivienda, mismas que consideran las condiciones de subsidencia y el crecimiento informal de las edificaciones por fuera de lo que determina la normativa vigente en relación con el uso y ocupación del suelo (Salazar y Tapia 2019).

Medidas a corto plazo

1. *Suspensión temporal de licencias*: detener la emisión de licencias de construcción (LMU10 y LMU20) de manera temporal en el área delimitada del barrio Solanda, para evitar la construcción de nuevas edificaciones que podrían agravar la situación actual.
2. *Suspensión temporal de intervenciones*: evaluar la suspensión temporal de intervenciones ya autorizadas mediante licencia constructiva en el área delimitada, para evitar mayores riesgos.

3. *Acompañamiento social y participación ciudadana*: implementar un programa de comunicación a gran escala para concientizar a la comunidad sobre los riesgos y la suspensión temporal de licencias.
4. *Relocalización de familias en mayor riesgo*: tomar acciones inmediatas para reubicar a las familias en mayor riesgo en proyectos de vivienda de la Empresa Pública de Hábitat y Vivienda, para garantizar la seguridad de las familias en riesgo inmediato.

Medidas a mediano plazo

1. *Desarrollo de un plan parcial emergente*: crear un plan parcial donde se identifique intervenciones a mediano plazo, considerando instrumentos de gestión como la repartición de cargas y beneficios, el reajuste de terrenos y la integración inmobiliaria.
2. *Reasentamiento in situ*: explorar la posibilidad de reasentamiento *in situ* de la población vulnerable, considerando las condiciones de subsidencia del suelo, para fortalecer la cohesión social y la relación de pertenencia con el lugar.
3. *Elaboración del plan*: contratar una consultoría para llevar a cabo estudios definitivos, de manera participativa entre la comunidad y la municipalidad, que cuente con una base técnica, económica y legal sólida para su implementación.

Medidas a largo plazo

1. *Ejecución del plan*: implementar las acciones definidas en el Plan Parcial Emergente de Solanda, para resolver de manera definitiva la problemática, recuperar áreas en riesgo y mejorar la calidad de vida de la comunidad.
2. *Acompañamiento social continuo*: establecer un proceso de acompañamiento social continuo para involucrar a la comunidad en la ejecución del Plan, y que se construya una relación de pertenencia y compromiso en relación con las soluciones implementadas.

Al respecto, los líderes barriales comunican que la gestión ha sido interrumpida por la inestabilidad política y el cambio de autoridades, lo que los ha obligado a renovar su solicitud de manera periódica. Afirman, además, que las condiciones de habitabilidad de las viviendas siguen siendo preocupantes y posiblemente son minimizadas por los entes involucrados. Adicionalmente, mencionan que las pólizas de seguro de la Empresa Metro de Quito permanecen inactivas, lo que vulnera la necesidad de los moradores con afectaciones graves a sus viviendas.

En última instancia, la gestión institucional ante los desafíos planteados por la subsidencia del suelo en Solanda demuestra una respuesta coordinada y multidisciplinaria por parte de diversas instituciones. Sin embargo, es crucial señalar que la efectividad de estas propuestas radicará en su implementación y en su traducción en soluciones tangibles para la comunidad. La ejecución exitosa del Plan Parcial Emergente de Solanda no solo dependerá de la calidad técnica y legal de las propuestas, sino también de la capacidad de las instituciones y la comunidad para mantener un compromiso a largo plazo. Así mismo, se hace evidente la necesidad de una supervisión constante y un seguimiento riguroso para asegurar que las medidas a tomar no queden únicamente en el papel. La experiencia de otras intervenciones urbanas sugiere que el éxito no solo está en la formulación de planes detallados, sino en la voluntad y la capacidad de llevar a cabo las acciones planificadas de manera efectiva y transparente. Es imperativo que las soluciones planteadas no solo sean percepciones idealizadas, sino que se conviertan en cambios concretos y sostenibles para la comunidad de Solanda.

Conclusiones

El caso de Solanda es emblemático en términos de la compleja construcción progresiva del riesgo. Esto implica tanto a la geología como a las formas de urbanización: combinación de un sitio geológico inadecuado, edificaciones inadaptadas y obras de infraestructura de gran escala.

La política de gestión y reducción del riesgo se enfrenta a una confusa y crítica realidad. Debe preservar intereses diversos. Debe manejar conjuntamente las preocupaciones de los habitantes con relación a sus viviendas, la falta de control de la planificación urbana, la informalidad de la dinámica urbana, la inversión en el Metro, la cantidad de actores involucrados, las limitaciones de recursos –tanto de la población como de los actores públicos–, las limitaciones de la respuesta a esta situación de riesgo que afecta a bienes privados y públicos e involucra a la inversión mayor de la capital ecuatoriana de las últimas décadas.

A pesar de los esfuerzos institucionales, evidenciados en una amplia lista de informes técnicos, resoluciones y oficios, entre los habitantes del barrio persiste una percepción de abandono ante el constante deterioro de sus viviendas, debido a la carencia de una solución satisfactoria a su situación.

El análisis descriptivo expuesto en este capítulo indica que la gestión del riesgo urbano presenta un alto grado de dificultad debido a la responsabilidad combinada que surge cuando los asentamientos humanos se desarrollan en zonas propensas a amenazas naturales, con poblaciones socioeconómicamente vulnerables y territorios deficientemente planificados, con baja capacidad de respuesta.

- Alvarado, A., L. Audin, J. M. Nocquet, S. Lagreulet, M. Segovia, Y. Font, G. Lamarque y otros. 2014. "Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity". *Tectonics* 33: 67-83. <https://doi.org/10.1002/2012TC003224>
- Álvarez, Irwin, Daysi Remachi, Gabriela Arellano y Daniel Altamirano. 2016. *Determinación preliminar sector Solanda Etapas 1 y 4*. Quito: Secretaría General de Seguridad y Gobernabilidad, Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos.
- Bucheli, J., y G. Realpe. 2018. *Estudio de Diagnóstico Preliminar "Asentamientos de viviendas en el Barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha"*. Quito: MDMQ.
- Eguez, Arturo, Alexandra Alvarado, Hugo Yepes, Michael N. Machette, Carlos Costa y Richard L. Dart. 2003. *Database and Map of Quaternary Faults and Folds of Ecuador and Its Offshore Regions*. Obtenido de <http://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-289/OFR-03-289-text.pdf>
- Longo, R., y W. G. Henderson. 1976. *Mapa Geológico del Ecuador, escala 1:100.000, Hoja de Quito*. Quito: Dirección General de Geología y Minas.
- Moncayo Torres, Pedro. 2021. *Time builds! El crecimiento (no) programado de la vivienda*. <https://timebuilds.org/solanda>
- Peñañiel, Lila. 2009. *Geología y análisis del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca del Sur de Quito*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2019. "Asentamientos en el sector de Solanda. Fase Diagnóstico".
- Rivas, Natalia, y Pamela Ramón. 2018. "El Metro está pasando y Solanda se está hundiendo". *La barra espaciadora*, 5 de noviembre. <https://www.labarraespaciadora.com/ddhh/el-metro-de-quito/>
- Rodríguez, Lilia. 1990. *Las mujeres de Solanda. Mujer, barrio popular y vida cotidiana*. Quito: CEPAM / ILDIS.
- Salazar, A., y V. Tapia. 2019. *Informe técnico de acciones a mediano y largo plazo en el barrio de Solanda*. Quito: Secretaría Metropolitana de Territorio, Hábitat y Vivienda.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. 2018. *Atlas de espacios geográficos expuestos a amenazas naturales y antrópicas*. Segunda edición. Quito: Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador.
- Tomás, Roberto, Gerardo Herrera, José Delgado y Fernando Peña. 2009. "Subsistencia del terreno". *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra* 3 (17): 295-302.
- Yepes, Hugo, José Marrero, Fernando Zamorano y Ana Rosero. 2019. "Análisis integrado de datos para el Barrio de Solanda. Propuestas y recomendaciones". Informe técnico. Alcaldía de Quito.

9 | Valle de Los Chillos: estudios de peligro por lahares primarios ante una eventual erupción del volcán Cotopaxi

S. Daniel Andrade y Francisco J. Vasconez

El Cotopaxi es un volcán activo del Ecuador que se caracteriza por tener una capa glaciaria con un volumen de aproximadamente 500-600 millones de metros cúbicos, la cual se encuentra sujeta a un acelerado proceso de retroceso (Cáceres et al. 2016). El volcán se ubica a unos 50 km al sureste de Quito, 35 km al norte de Latacunga y su cumbre alcanza los 5897 metros sobre el nivel del mar, con un relieve que varía entre 2000 y 3000 metros desde su base. Estudios geológicos recientes muestran que el Cotopaxi inició su desarrollo hace aproximadamente 560 000 años, si bien la mayor parte del edificio volcánico actual se ha formado durante los últimos 13 000 años (Hall y Mothes 2007). Este volcán se caracteriza por producir erupciones de magnitudes pequeñas, como las ocurridas en 2015 y 2022 (Bernard et al. 2016; Troncoso et al. 2017; Hidalgo et al. 2018), así como erupciones moderadas y grandes, como las ocurridas, por ejemplo, en los siglos XVIII y XIX (Wolf 1878; Barberi et al. 1995; Mothes et al. 2004; Pistolesi et al. 2011).

Dos fenómenos asociados a las erupciones del Cotopaxi pueden producir impactos significativos en Quito: 1) las caídas de ceniza y 2) los lahares primarios (Andrade et al. 2005; Mothes et al. 2016a). Las caídas de ceniza se originan cuando las explosiones volcánicas producen nubes de ceniza que pueden transportarse bajo el efecto del viento y luego cubrir zonas muy amplias (centenas de kilómetros cuadrados). Su impacto muy raramente es letal, pero pueden producir interrupciones severas en las redes de servicios básicos (p. ej. agua, transporte y energía), la contaminación de fuentes y piscinas de tratamiento de agua, impactos en la agricultura y la ganadería, además de problemas de salud (en particular afectaciones respiratorias).

Por otro lado, los lahares primarios son flujos de lodo y escombros que se forman cuando grandes erupciones explosivas del Cotopaxi producen flujos piroclásticos que fluyen sobre el glaciar del volcán y lo derriten súbitamente. Este proceso libera en pocos minutos enormes cantidades de agua que se mezclan y arrastran el material rocoso del volcán (Mothes et al. 2004; Pistolesi et al. 2013). Estos flujos tienen la consistencia del concreto antes de fraguar, se mueven a altas velocidades (> 20 km/h) por los drenajes y, dependiendo de su volumen inicial, pueden alcanzar zonas muy distantes de

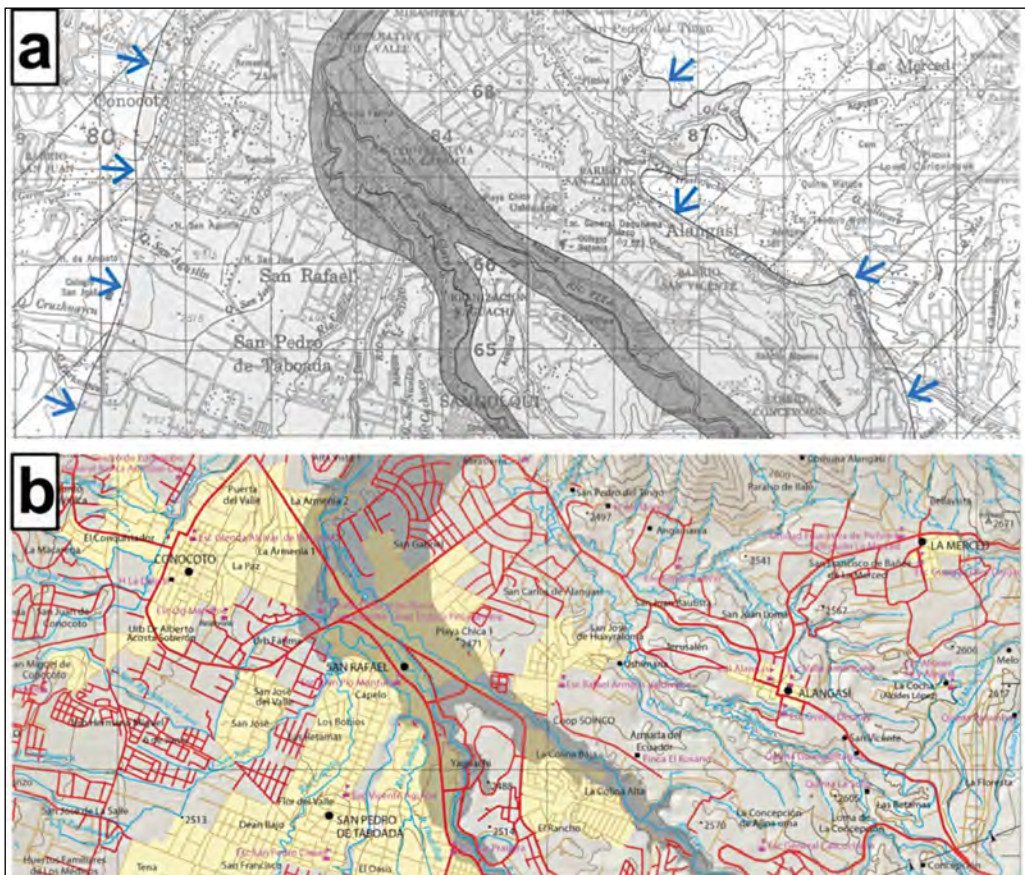
su fuente (Vallance e Iverson 2015). Estas propiedades físicas convierten a los lahares en fenómenos letales, capaces de destruir o inhabilitar cualquier infraestructura o bien que se encuentre en su paso.

Amplias zonas del Valle de Los Chillos se han desarrollado en las últimas décadas precisamente en las cercanías de los drenajes de los ríos Pita y Santa Clara, por donde han transitado los lahares primarios del Cotopaxi en las erupciones ocurridas en los años 1744, 1768 y 1877 (Aguilera et al. 2004; Mothes et al. 2004; Andrade et al. 2005; Pistolesi et al. 2013; Mothes et al. 2016a). Las zonas urbanas correspondientes al Valle de Los Chillos se encuentran bajo la administración de los municipios de Quito y Rumiñahui.

Evaluación del peligro por lahares primarios

Los lahares primarios del Cotopaxi tienen dos características que dificultan la evaluación probabilística de su peligro. En primer lugar, son fenómenos poco frecuentes en el tiempo. Mediante estudios geológicos detallados, Pistolesi et al. (2013) han podido identificar un total de diez depósitos de lahares primarios del Cotopaxi ocurridos en el último milenio. Es decir que las probabilidades de los lahares primarios se pueden asociar solamente a escenarios a largo plazo (décadas a siglos) y no a algún proceso físico aleatorio, como, por ejemplo, la dirección y velocidad del viento en el caso de la caída de ceniza. En segundo lugar, la evidencia geológica de los lahares primarios es relativamente escasa en la superficie, debido a que cada depósito se encuentra al menos parcialmente cubierto por uno más joven, por lo que es muy difícil determinar la extensión lateral, el volumen y otras características físicas de cada evento. Solamente el último lahar primario del Cotopaxi, ocurrido el 26 de junio de 1877, ha podido ser estudiado con detalle debido a que sus depósitos son suficientemente observables en la superficie (Wolf 1878; Mothes et al. 2004; Ettinger et al. 2007; Pistolesi et al. 2013; Sierra Vaca et al. 2019; Andrade et al. 2022). Esto restringe la cantidad de información disponible para definir los escenarios de ocurrencia de estos eventos y, por lo tanto, para implementar los modelos numéricos que permitirán la zonificación del peligro.

El primer mapa de peligros del Cotopaxi, publicado en 1988, constaba de dos secciones: una de la “Zona Norte”, correspondiente al drenaje del río Pita, que concierne a Quito y al Valle de Los Chillos (Hall y Von Hillebrandt 1988a) y otra de la “Zona Sur”, correspondiente al drenaje del río Cutuchi, que concierne a Latacunga y Salcedo (Hall y von Hillebrandt 1988b). Un mapa previo fue elaborado en 1978, en colaboración con el Servicio Geológico de los Estados Unidos, aunque nunca fue publicado (Miller, Mullineaux y Hall 1978). En los mapas de 1988, las zonas de peligro por lahares primarios fueron delineadas



Fuente: Hall y Von Hillebrandt (1988a); Mothes et al. (2016a).

Nota: (a) Extracto del mapa de peligros del volcán Cotopaxi publicado en 1988, correspondiente a la zona del Valle de Los Chillos (Hall y Von Hillebrandt 1988a); la zona de peligro por lahares correspondiente al escenario de 1877 (más probable) está marcada en color gris oscuro, mientras que la zona correspondiente al escenario de 4500 años (menos probable) está en color gris claro y sus bordes están marcados con flechas azules. (b) Extracto del mapa de peligros del volcán Cotopaxi de la misma zona, publicado en 2016 (Mothes et al. 2016a). Hay una sola zona de peligro por lahares que tiene color gris oscuro y corresponde al escenario de 1877. Se puede apreciar las similitudes y diferencias entre ambos mapas, en especial la gran extensión del escenario de 4500 años.

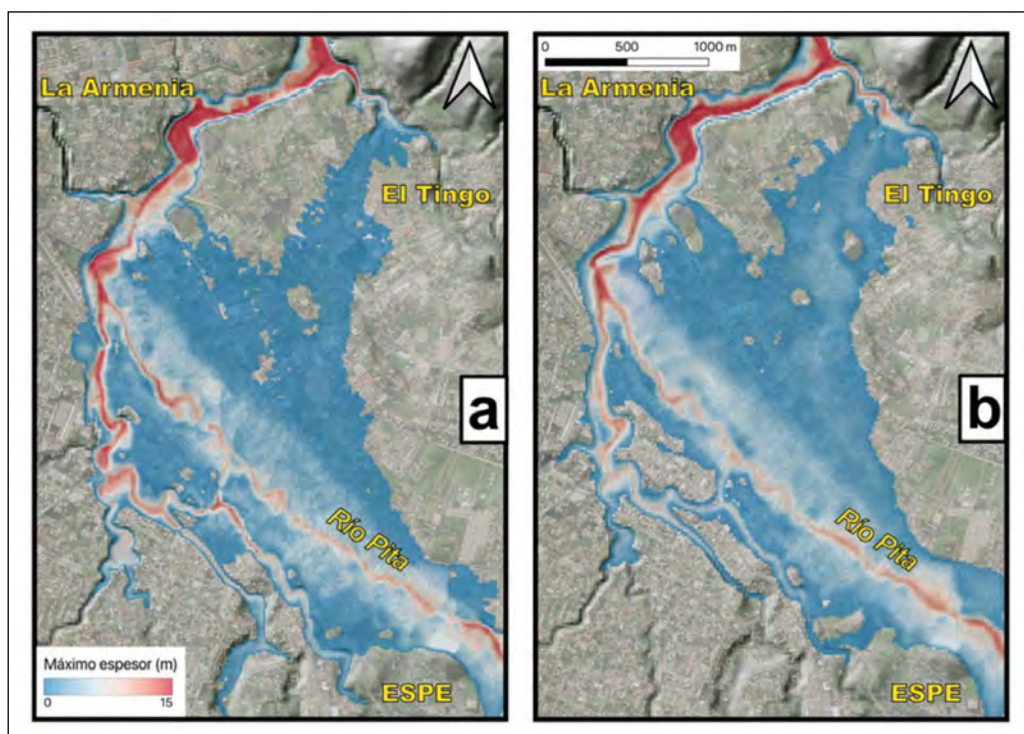
a partir de dos escenarios diferentes: el primero relacionado con el evento de 1877, considerado más probable, y el segundo, con un evento bastante más grande, ocurrido hace 4500 años, pero considerado mucho menos probable (Mothes, Hall y Janda 1998) (mapa 9.1a). En aquella época no existían medios teóricos ni tecnológicos para realizar un modelaje numérico de los flujos, por lo que la zonificación de las zonas de peligro se basó exclusivamente en la información geológica disponible para cada escenario.

Entre 2000 y 2001, el Cotopaxi tuvo un período de agitación de su actividad interna, pero sin llegar a una erupción (Molina et al. 2008). Esta coyuntura fue motivo para que se actualizaran y publicaran nuevas versiones de los mapas de peligros de las zonas norte y sur del Cotopaxi (Hall et al. 2004a, 2004b). En estos mapas, las zonas de peligro por lahares primarios se representaron mediante un solo escenario, correspondiente al evento de 1877. Para esta época ya se habían empezado a probar modelos

numéricos para simular lahares primarios en el Cotopaxi, por ejemplo, basados en enfoques hidrológicos de una dimensión (Barberi et al. 1992; Aguilera et al. 2004) o en enfoques estadísticos empíricos, como el modelo Lahar-Z (Iverson, Schilling y Vallance 1998; Schilling 1998). Sin embargo, debido a la resolución, alcance y disponibilidad de estos modelos numéricos, la delimitación de las zonas de peligro estuvo basada principalmente en la información geológica correspondiente al evento de 1877. En los mapas, dichas zonificaciones contienen solamente información probabilística cualitativa, relacionada con el escenario modelado, pero no sobre las características físicas del flujo.

Desde inicios de 2015, el Cotopaxi entró nuevamente en una etapa de agitación de su actividad interna, lo cual desembocó en un período eruptivo que duró entre agosto de 2015 y enero de 2016 (Bernard et al. 2016; Troncoso et al. 2017; Hidalgo et al. 2018). En los años previos se habían desarrollado nuevas pruebas con modelos numéricos para lahares primarios, entre los que destacan las nuevas versiones de Lahar-Z (Ordóñez et al. 2013; Pistolesi et al. 2014), así como otros modelos hidrológicos en dos dimensiones (HEC-RAS, IBER, FLOW2D), que se plasmarían en publicaciones posteriores (Méndez Padilla 2017; Toapaxi et al. 2019; Vera et al. 2019). Todos estos resultados fueron parcialmente aplicados en las ediciones de los mapas de peligros de las zonas norte y sur del Cotopaxi, publicados en 2016 (Mothes et al. 2016a, 2016b). El detalle y la escala de las zonificaciones fueron mejorados significativamente con respecto a los mapas de 1988 y 2004, mediante el uso de una base topográfica digital actualizada con resolución de diez metros (mapa 9.1b). El escenario presentado sigue siendo el de 1877 y, a pesar de los avances en el modelaje numérico, las zonificaciones aún no contienen información sobre las características físicas del flujo.

En los últimos años, los marcos teóricos y las capacidades tecnológicas para modelar los lahares primarios han registrado grandes avances. Por el lado teórico, se han obtenido nuevas formulaciones matemáticas, por ejemplo basadas en autómatas celulares interactivos (Lupiano et al. 2021) o en los principios de la mecánica de fluidos (Frimberger et al. 2021; Vásconez et al. 2024), que permiten descripciones físicas cuantitativas de los flujos más ajustadas a la realidad. Por el lado tecnológico, la disponibilidad de computadores de gran capacidad ha hecho posible estas simulaciones que requieren cálculos intensivos. Una muestra de esto es el modelaje realizado por Frimberger et al. (2021) mediante el programa RAMMS, con el cual produjeron simulaciones en cuatro dimensiones (3D+t) para varios escenarios en los drenajes norte y sur del Cotopaxi. Las zonificaciones obtenidas contienen información sobre las características físicas de los flujos, por ejemplo, su velocidad, profundidad, caudal, presión dinámica, etc (mapa 9.2a). Un enfoque similar, pero con el modelo



Fuente: Frimberger et al. (2021); Vásconez et al. (2024).

Nota: se considera el escenario de 1877, según las simulaciones numéricas realizadas por: (a) Frimberger et al. (2021) y (b) Vásconez et al. (2024). Se puede apreciar las similitudes y diferencias entre ambas investigaciones. Las zonaciones tienen resoluciones espaciales de 10 y 15 metros, respectivamente.

numérico KESTREL¹ está siendo desarrollado por Vásconez et al. (2024) con resultados muy alentadores (mapa 9.2b). Sin embargo, la publicación de mapas de peligros por lahares primarios del Cotopaxi que estén basados en los resultados de estas simulaciones aún está pendiente.

El impacto limitado de los mapas de peligro volcánico en la planificación territorial

A pesar de los avances que ha experimentado la evaluación del peligro por lahares primarios en las últimas cuatro décadas de investigaciones, los mapas aún son poco utilizados para su propósito primario, que es la planificación territorial a largo plazo (Robert et al. 2009). El mayor impacto de los mapas ha ocurrido durante las épocas de crisis volcánica, cuando autoridades y ciudadanía buscan información para preparar una eventual respuesta a la emergencia (p. ej. para planificar evacuaciones). Esto ha tenido como

¹ <https://kestrel-unibristol.readthedocs.io/en/latest/index.html>

efecto una percepción del riesgo muy significativa entre los habitantes del Valle de Los Chillos (Salazar y D'Ercole 2009; López Revelo 2018).

El hecho de que las zonificaciones no sean representadas de forma probabilística en los mapas ha provocado una interpretación errónea de su significado, ya que a menudo son consideradas representaciones de certezas o garantías sobre el futuro. Igualmente, el hecho de que las zonificaciones no contengan información sobre las propiedades físicas de los flujos ha limitado su uso para la estimación de potenciales pérdidas (cálculos de riesgo), las cuales han tenido que basarse en funciones de fragilidad binarias (p. ej. “sin daño” o “daño total”). Esto último produce estimaciones de pérdidas que contienen grandes incertidumbres (Rodríguez et al. 2017), si además se considera que las evaluaciones de las vulnerabilidades físicas o socioeconómicas, en general, son limitadas (D'Ercole 1996).

En cualquier caso, se espera que las limitaciones que tienen los mapas de peligros se reduzcan con las nuevas generaciones de modelos numéricos. El Valle de Los Chillos todavía es una zona en pleno desarrollo urbano y demográfico, y se estima que siga creciendo en las próximas décadas. Por estas razones, los municipios involucrados deberían considerar la producción de mapas y conocimientos sobre los procesos volcánicos como una oportunidad para el futuro, que permita una planificación de su territorio en la que se tome en cuenta el peligro que representan los lahares primarios del Cotopaxi.

Referencias

- Aguilera, E., M. T. Pareschi, M. Rosi y G. Zanchetta. 2004. “Risk from Lahars in the Northern Valleys of Cotopaxi Volcano (Ecuador)”. *Natural Hazards* 33 (2): 161-89. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000037037.03155.23>
- Andrade, D., M. L. Hall, P. Mothes, L. Troncoso, J. P. Eissen, Pablo Samaniego, J. Egred, et al. 2005. *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Vol. 3 de *Los peligros volcánicos en Ecuador*. Primera edición. Corporación Editora Nacional.
- Andrade, S. D., Emilia Saltos, Valeria Nogales, Sebastián Cruz, Gareth Lee y Jenni Barclay. 2022. “Detailed Cartography of Cotopaxi’s 1877 Primary Lahar Deposits Obtained by Drone-Imagery and Field Surveys in the Proximal Northern Drainage”. *Remote Sensing* 14 (3). <https://doi.org/10.3390/rs14030631>
- Barberi, F., M. Coltelli, A. Frullani, M. Rosi y E. Almeida. 1995. “Chronology and Dispersal Characteristics of Recently (Last 5000 Years) Erupted Tephra of Cotopaxi (Ecuador): Implications for Long-Term Eruptive Forecasting”. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 69 (3-4): 217-39. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(95\)00017-8](https://doi.org/10.1016/0377-0273(95)00017-8)

- Barberi, F., P. Carusso, G. Macedonio, M. T. Pareschi y M. Rosi. 1992. "Reconstruction and Numerical Simulation of the Lahar of the 1877 Eruption of Cotopaxi Volcano (Ecuador)". *Acta Vulcanológica* 2: 35-44.
- Bernard, Benjamin, Jean Battaglia, Antonio Proaño, Silvana Hidalgo, Francisco Vásconez, Stephen Hernandez y Mario Ruiz. 2016. "Relationship between volcanic ash fallouts and seismic tremor: quantitative assessment of the 2015 eruptive period at Cotopaxi volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 78 (11): 80. <https://doi.org/10.1007/s00445-016-1077-5>
- Cáceres, Bolívar, Joice Gómez, Patricio Ramón, Patricia Mothes, Luis Maisincho, Benjamin Bernard, Edwin Telenchana y Marco Almeida. 2016. "Dramatical reduction over two Ecuadorian Glaciers related with volcanic activity 1999-2016". En *Abstract volume of the 9th Cities on Volcanoes Conference*. Chile: Puerto Varas.
- D'Ercole, Robert. 1996. "Représentations cartographiques des facteurs de vulnérabilité des populations exposées à une menace volcanique. Application à la région du volcan Cotopaxi (Equateur)". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 25 (3): 479-507.
https://www.persee.fr/doc/bifea_0303-7495_1996_num_25_3_1245
- Ettinger, Susanne, Patricia Mothes, Raphaël Paris y Steve Schilling. 2007. "The 1877 Lahar Deposits on the Eastern Flank of Cotopaxi Volcano". *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement* 13 (3): 271-80.
<https://doi.org/10.4000/geomorphologie.4022>
- Frimberger, Theresa, S. Daniel Andrade, Samuel Weber y Michael Krautblatter. 2021. "Modelling Future Lahars Controlled by Different Volcanic Eruption Scenarios at Cotopaxi (Ecuador) Calibrated with the Massively Destructive 1877 Lahar". *Earth Surface Processes and Landforms* 46 (3): 680-700.
<https://doi.org/10.1002/esp.5056>
- Hall, Minard L., y Christa von Hillebrandt. 1988a. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona norte". *Volcanic Hazard Map*. Quito: IG-EPN.
- 1988b. "Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona sur". *Volcanic Hazard Map*. Quito: IG-EPN.
- Hall, M., y P. Mothes. 2007. "The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology*.
- Hall, Minard L., Patricia A. Mothes, Pablo Samaniego, Hugo A Yepes, y S. Daniel Andrade. 2004a. "Mapa regional de los peligros volcánicos potenciales del volcán Cotopaxi – Zona Sur". Quito: IG-EPN.
- 2004b. "Mapa regional de los peligros volcánicos potenciales del volcán Cotopaxi – Zona Norte". *Volcanic Hazard Map*. Quito: IG-EPN.

- Hidalgo, Silvana, Jean Battaglia, Santiago Arellano, Daniel Sierra, Benjamin Bernard, René Parra, Peter Kelly, Florian Dinger, Charlotte Barrington y Pablo Samaniego. 2018. "Evolution of the 2015 Cotopaxi Eruption Revealed by Combined Geochemical and Seismic Observations". *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 19 (7): 2087-108.
<https://doi.org/10.1029/2018GC007514>
- Iverson, Richard M., Steven P. Schilling y James W. Vallance. 1998. "Objective delineation of lahar-inundation hazard zones". *GSA Bulletin* 110 (8): 972-84.
[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1998\)110<0972:ODOLIH>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1998)110<0972:ODOLIH>2.3.CO;2)
- López Revelo, Sandy Ximena. 2018. "Percepción del riesgo sobre la amenaza de lahares del volcán Cotopaxi del cantón Rumiñahui, Pichincha-Ecuador". PUCE.
- Lupiano, Valeria, Paolo Catelan, Claudia R. Calidonna, Francesco Chidichimo, Gino M. Crisci, Valeria Rago, Salvatore Straface y Salvatore Di Gregorio. 2021. "LLUNPIY Simulations of the 1877 Northward Catastrophic Lahars of Cotopaxi Volcano (Ecuador) for a Contribution to Forecasting the Hazards". *Geosciences* 11 (2): 81.
<https://doi.org/10.3390/geosciences11020081>
- Méndez Padilla, Javier Alexander. 2017. "Simulación numérica bidimensional con el programa Iber del flujo de lahares primarios del río Santa Clara en la población de Sangolquí correspondiente al drenaje norte del volcán Cotopaxi". Tesis de licenciatura.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17248>
- Miller, C., D. Mullineaux y Minard Hall. 1978. "Reconnaissance Map of Potential Volcanic Hazards from Cotopaxi Volcano, Ecuador". *USGS Misc. Invest. Series Map I-1702*.
- Molina, Indira, Hiroyuki Kumagai, Alexander García-Aristizábal, Masaru Nakano y Patricia Mothes. 2008. "Source Process of Very-Long-Period Events Accompanying Long-Period Signals at Cotopaxi Volcano, Ecuador". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176 (1): 119-33.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.07.019>
- Mothes, Patricia A., Minard L. Hall y Richard J. Janda. 1998. "The Enormous Chillos Valley Lahar: An Ash-Flow-Generated Debris Flow from Cotopaxi Volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 59 (4): 233-44.
<https://doi.org/10.1007/s004450050188>
- Mothes, Patricia A., Minard L. Hall, Daniel Andrade, Hugo Yepes, Thomas C. Pierson, A. Gorki Ruiz y Pablo Samaniego. 2004. "Character, stratigraphy and magnitude of historical lahars of Cotopaxi volcano (Ecuador)". *Acta vulcanológica* 16 (1/2): 1000-23.
- Mothes, Patricia A., Pedro A. Espín, Minard L. Hall, Francisco Vasconez, Daniel Sierra y S. Daniel Andrade. 2016a. "Mapa regional de amenazas volcánicas potenciales del volcán Cotopaxi - Zona Norte". *Volcanic Hazard Map*. Quito: IG-EPN. <https://www.igepn.edu.ec/cotopaxi-mapa-de-peligros>

- Mothes, Patricia A., Pedro A. Espín, Minard L. Hall, Francisco Vasconez, Daniel Sierra y S. Daniel Andrade. 2016b. "Mapa regional de amenazas volcánicas potenciales del volcán Cotopaxi - Zona Sur". *Volcanic Hazard Map*. Quito: IG-EPN. <https://www.igepn.edu.ec/cotopaxi-mapa-de-peligros>
- Ordóñez, Jorge, Pablo Samaniego, Patricia Mothes y Steve Schilling. 2013. "Las potenciales zonas de inundación por lahares en el volcán Cotopaxi". Public report 1. IG-EPN. <https://bit.ly/3yUlsRe>
- Pistolesi, Marco, Mauro Rosi, Raffaello Cioni, Katharine V. Cashman, Andrea Rossotti y Eduardo Aguilera. 2011. "Physical volcanology of the post-twelfth-century activity at Cotopaxi volcano, Ecuador: Behavior of an andesitic central volcano". *GSA Bulletin* 123 (5-6): 1193-215. <https://doi.org/10.1130/B30301.1>
- Pistolesi, Marco, Raffaello Cioni, Mauro Rosi y Eduardo Aguilera. 2014. "Lahar Hazard Assessment in the Southern Drainage System of Cotopaxi Volcano, Ecuador: Results from Multiscale Lahar Simulations". *Geomorphology* 207 (febrero): 51-63. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.10.026>
- Pistolesi, Marco, Raffaello Cioni, Mauro Rosi, Katharine V. Cashman, Andrea Rossotti y Eduardo Aguilera. 2013. "Evidence for Lahar-Triggering Mechanisms in Complex Stratigraphic Sequences: The Post-Twelfth Century Eruptive Activity of Cotopaxi Volcano, Ecuador". *Bulletin of Volcanology* 75 (3): 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00445-013-0698-1>
- Robert, Jérémy, Robert D'Ercole, Patrick Pigeon y Tania Serrano. 2009. "Complejidad, incertidumbre y vulnerabilidad: el riesgo asociado al volcán Cotopaxi en el Valle de los Chillos (Quito-Ecuador)". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 709-33. <https://journals.openedition.org/bifea/2408>
- Rodriguez, Fabian, Theofilos Toulkeridis, Washington Sandoval, Oswaldo Padilla y Fernando Mato. 2017. "Economic risk assessment of Cotopaxi volcano, Ecuador, in case of a future lahar emplacement". *Natural Hazards* 85 (1): 605-18. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2589-1>
- Salazar, Diana, y Robert D'Ercole. 2009. "Percepción del riesgo asociado al volcán Cotopaxi y vulnerabilidad en el Valle de Los Chillos (Ecuador)". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3): 849-71. <https://journals.openedition.org/bifea/2522>
- Schilling, S. P. 1998. "LAHARZ; GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones". Open-File Report 98-638. <https://doi.org/10.3133/ofr98638>
- Sierra Vaca, Daniel, Francisco Vasconez Paredes, S. Daniel Andrade, Marco Almeida Vaca y Patricia Mothes. 2019. "Historical distal lahar deposits on the remote eastern-drainage of Cotopaxi volcano, Ecuador". *Journal of South American Earth Sciences* 95 (noviembre): 102251. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102251>

- Toapaxi, Jorge Augusto, Patricio Ortega, Edwin Casa, Jorge Santamaría y Ximena Hidalgo. 2019. "Análisis de la Modelación Numérica del Flujo Producto de una Erupción del Volcán Cotopaxi-Flanco Norte". *Revista Politécnica* 44 (1): 7-14. <https://doi.org/10.33333/rp.vol44n1.01>
- Troncoso, Liliana, Jorge Bustillos, Jorge E. Romero, Alicia Guevara, Janina Carrillo, Estefano Montalvo y Tatiana Izquierdo. 2017. "Hydrovolcanic ash emission between August 14 and 24, 2015 at Cotopaxi volcano (Ecuador): Characterization and eruption mechanisms". *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 341 (julio): 228-41. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.05.032>
- Vallance, James W., y Richard M. Iverson. 2015. "Chapter 37 - Lahars and Their Deposits". En *The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition)*, editado por Haraldur Sigurdsson, 649-64. Amsterdam: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00037-7>
- Vasconez, Francisco J., Jeremy Phillips, Mark J. Woodhouse, y S. Daniel Andrade. 2024. "Numerical Simulation of Long-Distance Debris Flows (Lahars) on Glacier-Clad Volcanoes: The Case of Cotopaxi, Ecuador". *Frontiers in Earth Science* 12 (julio). <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1426088>
- Vera, Pablo, Patricio Ortega, Edwin Casa, Jorge Santamaría y Ximena Hidalgo. 2019. "Modelación numérica y mapas de afectación por flujo de lahares primarios en el drenaje sur del volcán Cotopaxi". *Revista Politécnica* 43 (1): 61-72. <https://doi.org/10.33333/rp.vol43n1.971>
- Wolf, Theodore. 1878. *Memoria sobre el Cotopaxi y su última erupción acaecida el 26 de junio de 1877*. Guayaquil: Imprenta de El Comercio.

10 | Infraestructura Verde-Azul: un sistema anticipatorio de resiliencia y sostenibilidad en el Distrito Metropolitano de Quito

Marco Córdova, Jonathan Menoscal y Pablo Zapata

La noción contemporánea de desarrollo sostenible es un paradigma de carácter holístico, que durante las últimas cuatro décadas ha marcado la trayectoria territorial bajo principios de protección ambiental, equidad social y eficiencia económica (Keivani 2010). Esto ha implicado que temas como el riesgo de desastres por eventos naturales, el cambio climático, la conservación ambiental, entre otros, sean redefinidos como problemas multidimensionales que requieren ser abordados de manera integral. Frente al reto de construir territorios resilientes y sostenibles a futuro, se han configurado nuevas formas de gobernanza multiactoral (actores estatales y no estatales) y multinivel (desde lo global hasta lo local), direccionadas a promover políticas públicas e instrumentos de planificación desde un sentido prospectivo.

De esta manera, la innovación de la acción pública relacionada con el desarrollo sostenible puede ser caracterizada como un sistema anticipatorio, esto es, como un conjunto de decisiones tomadas en el presente a partir de la consideración de escenarios y recursos del futuro (Poli 2017). Abordar la ontología del desarrollo desde una perspectiva anticipatoria permite entender de qué manera el ejercicio de planificación derivado de los lineamientos del conjunto de acuerdos y marcos internacionales –como los ODS, por ejemplo– configura una forma específica de conocimiento direccionado a construir un futuro idealizado de manera sistemática, mediante la proyección de posibles cambios y resultados (Miller, Poli y Rossel 2013; Hammershøj 2017).

Desde esta perspectiva, en el presente capítulo se plantea analizar de qué manera la Infraestructura Verde-Azul del Distrito Metropolitano de Quito configura un sistema anticipatorio de desarrollo sostenible. Esto en razón de que las disposiciones impuestas por la sentencia constitucional que dio paso a la creación de la Ordenanza Metropolitana de Infraestructura Verde-Azul representan una ventana de oportunidad política para proyectar, a futuro, una ciudad resiliente y sostenible, mediante una serie de innovaciones institucionales y sociales para la gestión integral de los componentes de la Infraestructura Verde-Azul.

Metodológicamente, se plantea un diseño de estudio de caso de carácter cualitativo, basado en la revisión de información secundaria (bibliografía académica, documentos oficiales). El capítulo se estructura en tres acápites. Primero, se esboza una contextualización de la problemática del riesgo y su gestión en el DMQ. Segundo, se caracteriza el caso de la cuenca del río Monjas como el detonante que impulsó la Ordenanza Verde-Azul. Tercero, se analiza el sentido anticipatorio de la Infraestructura.

Desarrollo urbano y gestión del riesgo en el DMQ

América Latina y El Caribe es la región con mayores niveles de desigualdad socioeconómica del mundo, como consecuencia de una serie de problemas estructurales de crecimiento y distribución de la riqueza. Esto ha derivado en patrones de desarrollo urbano de carácter periférico e informal, dentro de dinámicas de segregación espacial que se expresan en una renta diferenciada del suelo y la consecuente falta de acceso de la población de menores recursos a las áreas urbanas consolidadas. A partir de la segunda mitad del siglo XX, la región experimentó un importante crecimiento urbano asociado a procesos relacionados con la industrialización, el incremento demográfico, la migración campo-ciudad, entre otros. Frente a los retos de estas transformaciones territoriales, se impulsaron una serie de instrumentos de planificación direccionados a ordenar el territorio.

El desarrollo urbano del DMQ se inscribe en esta lógica regional. Entre las décadas de los sesenta y ochenta, el área urbana aumentó un 500 %; la intensificación del crecimiento se dio a partir de los años setenta como reflejo de los procesos de expansión y revalorización del suelo (Martí-Costa, Durán y Marulanda 2016). Con la expansión hacia las periferias se ha ocupado zonas naturales como quebradas o bordes de ríos, con una tasa anual que alcanzó el 17,5 % en la década de los noventa (Zevallos 2009). Esto ha decantado en un desarrollo urbano informal, caracterizado por la especulación del suelo y restricciones de acceso a las zonas consolidadas y servicios. Este proceso, sumado a las características geofísicas y geomorfológicas, ha generado no solo el deterioro de las zonas naturales, sino una urbanización expuesta a diversas amenazas, con lo que incrementa el riesgo de desastres (Córdova y Menoscal 2021). Frente a esta problemática, la reducción del riesgo urbano constituye uno de los retos centrales del gobierno local del DMQ.

A inicios de los noventa, la gestión del riesgo de desastres en el DMQ fue abordada en función de las afectaciones de los eventos hidromorfológicos recurrentes en zonas expuestas (Peltre 1989; Metzger y Bermudez 1996; Zevallos 1999). Esto impulsó varios programas, entre ellos Laderas del Pichincha, en cuya primera fase se ejecutaron diversas obras de ingeniería

(presas de embalse, diques y rejillas para la retención de lodo; túneles de desvío de aguas; canalización parcial de quebradas; graderías de ruptura de flujos, etc.). En la segunda y tercera fases, hasta mediados de la década de 2000, se realizó el saneamiento ambiental de las laderas y la apertura de parques urbanos, a través de proyectos como el “Plan de mitigación y reasentamiento de familias en riesgo”. Estas estrategias se concentraron principalmente en el área urbana consolidada y excluyeron a las zonas periféricas y de expansión (Sierra 2009). En este primer momento, la gestión del riesgo se basó en la construcción de obras de infraestructura para reducir el impacto de las amenazas, con un enfoque reactivo frente a los eventos.

Desde la segunda mitad de la década de 2000, se observa un cambio sustantivo en la gestión del riesgo, en tanto las estrategias de reducción empezaron a ser articuladas con la planificación urbana y se incorporó una visión integral enfocada en la mitigación de las vulnerabilidades sociales. En 2008, el Municipio creó el Sistema Metropolitano de Gestión Integral del Riesgo. En 2016, a través de la Dirección de Riesgos de la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad, se presentó el plan Quito Listo, que contiene ejes de concienciación, entrenamiento, prevención y respuesta ante amenazas naturales y antrópicas. Este plan se alinea al Marco de Sendai en cinco áreas: Quito entiende el riesgo, fortalecimiento de capacidades, Quito reduce la vulnerabilidad, Quito protege la infraestructura esencial y Quito preparado ante emergencias. El mismo año se presentó el Plan de Prevención y Respuesta ante inundaciones y movimientos en masa del DMQ (Greiving et al. 2021).

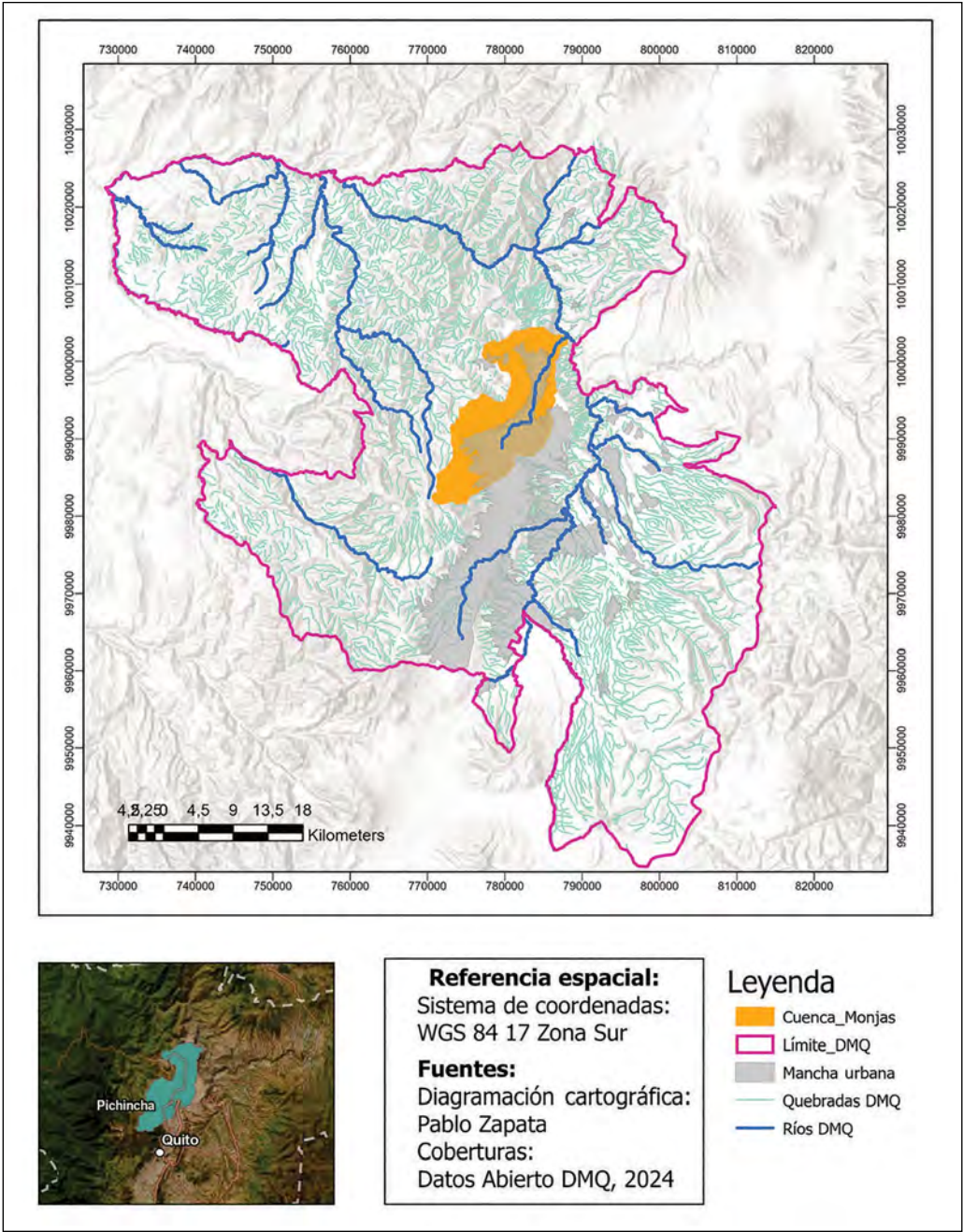
La problemática de la cuenca del río Monjas

El noroccidente del DMQ, donde se ubica la cuenca del río Monjas (mapa 10.1), ha sido, desde la década de los ochenta, una de las zonas del periurbano con mayor riesgo de desastres, en tanto el proceso de urbanización se ha desarrollado por fuera de la planificación en áreas expuestas a diversas amenazas naturales. La cuenca incluye varios sectores que emergieron como asentamientos informales, tales como Colinas del Norte, La Roldós, Pisulí, San José, El Rancho y San Enrique de Velasco. Los principales riesgos de la zona se relacionan con la erosión hídrica, los daños a taludes y la socavación o profundización del cauce, que han afectado en distinto grado a propiedades, viviendas unifamiliares y conjuntos habitacionales; el riesgo aumenta, sobre todo, en épocas de eventos climáticos extraordinarios.

Las condiciones de informalidad de los barrios de la cuenca alta generaron procesos de impermeabilización, ligados al cambio de la cobertura y usos del suelo. Frente a esto, el Municipio se vio obligado a dotarlos de servicios básicos, alterando la vocación agrícola y de protección de la zona.

Los servicios de alcantarillado combinados de aguas servidas y de escorrentía pluvial fluyen en el sistema de quebradas en las partes altas y medias, para posteriormente desembocar en los ríos Monjas y Guayllabamba. En la cuenca media, el proceso de urbanización también incrementó la impermeabilización de los suelos, lo que provoca que las descargas residuales de las partes altas se agrupen y sean vertidas a través del sistema del colector del Colegio al río Monjas.

Mapa 10.1. Delimitación de la cuenca del río Monjas



Un caso paradigmático de la problemática del sector ha sido la afectación de la hacienda patrimonial Marquesa de Solanda, que derivó en una acción extraordinaria de protección en contra del Municipio de Quito, sustentada en un manejo inadecuado del agua que se vierte a los sistemas naturales de drenaje como ríos y quebradas. La Sentencia de la Corte Constitucional No. 2167-21-EP/22 está direccionada a salvaguardar los derechos de los habitantes de la cuenca del río Monjas y obliga a garantizar la protección del sistema de quebradas. En esta se caracteriza el riesgo de la cuenca al señalar que

uno de los problemas ya observados en el DMQ, especialmente en su área urbana, es el incremento de caudal de ríos y quebradas debido al vertido directo de aguas de lluvia y/o servidas y a la impermeabilización de la superficie por el avance de la cobertura de cemento/asfalto. Este factor, en muchos casos, genera corrientes continuas allí donde antes eran esporádicas, asociadas únicamente a la caída de lluvia, al tiempo que incrementa los caudales y, por tanto, la capacidad erosiva del agua en el cauce del río.

La acción constitucional establece una lógica de derecho para reparar y salvaguardar, bajo un criterio integral, la cuenca del río Monjas y otras cuencas semejantes en el distrito. Con un carácter vinculante, la sentencia dispone una serie de acciones institucionales contingentes en el corto y mediano plazos para revertir la situación, así como el desarrollo de un marco normativo que permita garantizar la protección de los sistemas hídricos, de drenaje, escorrentía y servicios ambientales.

Derivada de la sentencia, en julio de 2023 se promulgó la Ordenanza Metropolitana No. 060-2023 de Infraestructura Verde-Azul,¹ bajo la responsabilidad y coordinación de la Secretaría de Ambiente. Este instrumento legal determina un marco regulatorio para la gestión integral de los componentes del Sistema Verde-Azul, siendo el objeto de la ordenanza la conservación de la biodiversidad, la reducción de riesgos de desastres asociados a eventos hidrometeorológicos y movimientos en masa, así como el fortalecimiento de la resiliencia frente al cambio climático. Al mismo tiempo, mantiene y aprovecha los servicios ecosistémicos relacionados con la salud, la recreación y la economía.

¹ La Infraestructura Verde está definida en el PMDOT como todo componente o elemento natural que contribuye a mantener, sustentar y reparar los procesos ecológicos naturales, así como generar resiliencia en la ciudad. Esto mediante estrategias como la conservación de áreas naturales protegidas, la protección y recuperación de quebradas, entre otras. De su parte, la Infraestructura Azul se concibe como todo proceso de conservación y restauración relacionado con el agua, sus ciclos y ecosistemas acuáticos.

El sentido anticipatorio de la Infraestructura Verde-Azul

Como se ha mencionado, el carácter anticipatorio de un sistema se expresa en la posibilidad de tomar decisiones en el presente, fundamentadas en la proyección futura de un conjunto de escenarios y cambios. En función del sentido sistémico y prospectivo con el que ha sido estructurada la Infraestructura, puede argumentarse que tiene el potencial para constituirse en un instrumento anticipatorio del desarrollo sostenible del DMQ, en al menos tres dimensiones: ambiental, institucional y de gobernanza.

Ambiental: la construcción de escenarios ecosistémicos

El mandato central de la Ordenanza es asegurar en el mediano y largo plazos la funcionalidad, conectividad y preservación de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos del DMQ. Esto mediante la proyección y establecimiento a futuro de una Infraestructura Verde-Azul, entendida como una red multiescalar del conjunto de componentes naturales y construidos que se encuentran en el espacio público, privado o comunitario y que conforman el paisaje, tales como ríos, quebradas, microcuencas hidrográficas, corredores verdes, humedales, árboles, parques, plazas, reservorios, entre otros. La Infraestructura constituye un instrumento de desarrollo sostenible para anticipar un equilibrio ecosistémico que incremente la resiliencia frente al cambio climático y contribuya a la reducción del riesgo de desastres en el distrito metropolitano.

Este escenario ecosistémico configurado alrededor de la Infraestructura Verde-Azul se fundamenta en una serie de principios, entre los que se destacan algunos. Un principio ecocéntrico, que reconoce el valor intrínseco de la naturaleza y sus elementos. La función social y ambiental de la propiedad, como una forma de anteponer el interés colectivo al particular y asegurar el uso racional del entorno natural. La multifuncionalidad como una manera de combinar y potenciar las funciones naturales y los beneficios ambientales. La diversidad del sistema conformado tanto por componentes naturales como antropizados; así como la conectividad, que permita articular redes de espacios verdes desde un sentido integral.

La Infraestructura configura, en ese sentido, un ejercicio prospectivo para imaginar y proyectar en el mediano y largo plazos una transición territorial sostenible en el DMQ, construida a través de un ecosistema interconectado regionalmente en distintos niveles (parroquias, cantones, provincia) y funcional a procesos de reducción del riesgo de desastres y estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.

Más allá del carácter jurídico de la sentencia, la Infraestructura Verde-Azul constituye, en un nivel sustantivo, un cambio de paradigma en la construcción de una agenda de resiliencia y sostenibilidad para el DMQ. Por un lado, condensa una serie de principios constitucionales relacionados con derechos humanos fundamentales como al acceso al agua o a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Pero, principalmente, ratifica dos derechos inéditos de la Constitución del Ecuador de 2008, como son el derecho a la ciudad, en términos de un disfrute pleno de la misma y de sus espacios públicos, bajo criterios de sostenibilidad; y el derecho que tiene la naturaleza, o *Pacha Mama*, para proteger y promover el respeto a todos los elementos que conforman un ecosistema, así como garantizar el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales.

Por otro lado, en un nivel procedimental, la Infraestructura le permite al gobierno metropolitano planificar una serie de estrategias y acciones concretas en ámbitos como la gestión y conservación ambiental, la reducción de riesgos de desastres, la mitigación y adaptación al cambio climático, entre otros. Desde el marco de competencias exclusivas estipuladas en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), hay una oportunidad para diseñar una instrumentación (normativa, organizacional, económica e informativa) coherente con las metas y objetivos de las políticas relacionadas con el desarrollo sostenible en el DMQ.

En términos normativos, la Ordenanza contempla que la planificación de la Infraestructura Verde-Azul se incorpore en todos los planes, programas y proyectos, tanto del ámbito público como del privado; para esto se plantea el Plan de Gestión y Manejo de la Infraestructura Verde-Azul, instrumento que define la hoja de ruta del diseño e implementación de la estrategia. Respecto al ámbito organizacional, la autoridad ambiental del distrito ejerce la rectoría del Sistema Verde-Azul, en coordinación con un conjunto de entidades nacionales y municipales involucradas en la gestión de la Infraestructura.² En términos económicos, la Ordenanza prevé una estructura de financiamiento (presupuesto municipal específico, donaciones, préstamos, concesión onerosa de derechos, tasas), así como un conjunto de sanciones e incentivos para salvaguardar y promover el cuidado de los servicios ecosistémicos, proteger espacios naturales y reducir la huella ecológica. En cuanto

² Entre las instituciones municipales que forman parte de la estructura organizacional del Sistema Verde-Azul se destacan la unidad de microcuencas hidrográficas; la entidad ejecutora distrital de quebradas y ríos; la autoridad de territorio, hábitat y vivienda; la entidad a cargo de la provisión y saneamiento del agua; la entidad distrital a cargo de la gestión de riesgos; la entidad que administra el fondo metropolitano para la gestión de riesgos y emergencias; la entidad a cargo de obras públicas; la entidad a cargo de la coordinación territorial; la entidad encargada del desarrollo productivo y económico; la entidad a cargo del aseo; la entidad a cargo de la gestión integral de residuos sólidos, entre otras.

a la información, se proyecta una estrategia educomunicacional de capacitación, promoción y difusión, para construir una “cultura verde-azul”, dirigida a entidades municipales y la ciudadanía en general.

La implementación de la Ordenanza conlleva la proyección de una institucionalidad articulada y efectiva para la gestión del Sistema Verde-Azul. Se requiere la calibración de instrumentos secundarios tales como, el Plan Integral de Quebradas, el Plan de Gestión de Riesgos, el Plan Urbanístico Complementario del Río Monjas, el Plan de Manejo de Microcuencas, entre otros. Ajustes enfocados en promover soluciones basadas en la naturaleza, la Infraestructura Verde-Azul y la gobernanza para la gestión de recursos en microcuencas a nivel distrital. Se crean nuevas instituciones, como la unidad encargada de las competencias relacionadas a las microcuencas a nivel distrital. La Ordenanza determina, además, la obligatoriedad de distintas instituciones para actualizar y generar nuevos planes y normas técnicas en función de los objetivos planteados.

Gobernanza: una visión compartida de futuro

Uno de los ámbitos de anticipación implícitos en la implementación de la Infraestructura está relacionado con la posibilidad de impulsar una gobernanza ambiental inclusiva y participativa que sustente el modelo ecosistémico proyectado. La readecuación institucional planteada para desarrollar el Sistema Verde-Azul en el DMQ tiene dos implicaciones. Por un lado, hay una redefinición del rol del gobierno metropolitano hacia un modelo de gestión más articulado intergubernamentalmente, mediante una planificación coordinada entre distintas entidades. Por otro lado, si bien el gobierno metropolitano es el ente rector de la política, el enfoque sistémico e integral del ejercicio prospectivo requiere la incorporación de actores no estatales para la construcción de la Infraestructura Verde-Azul.

La Ordenanza contempla, en ese sentido, una serie de principios para promover la participación y el empoderamiento de otros actores frente al cuidado y conservación de la Infraestructura. La noción de ciudadanía activa es clave para que los habitantes del distrito ejerzan su derecho a intervenir, de manera individual, colectiva o comunitaria, en los espacios de la gestión ambiental, a través de los mecanismos de participación ciudadana y control social establecidos en la normativa nacional y metropolitana. Este derecho tiene una contraparte de compromiso, condensado en principios de inclusión y corresponsabilidad social, mediante el cual las personas que habitan en el distrito tienen el deber de intervenir en el proceso de las políticas, programas y servicios del Sistema Verde-Azul, asumiendo las consecuencias de la toma de decisiones. La Ordenanza se fundamenta, además, en un principio de plurinacionalidad, direccionado a adaptar la

Infraestructura a las diversas formas y expresiones políticas, sociales y culturales presentes en el DMQ.

Los sistemas anticipatorios configuran en sus procesos distintas formas de comunidades anticipatorias, esto es, colectivos de actores que comparten un futuro y un régimen de anticipación en términos de políticas y modelos. Según su vocación, las comunidades pueden ser caracterizadas como reparadores, gestores, estrategas, visionarios-consejeros y utópicos-profetas (González 2024). En el caso del DMQ, el antecedente de la cuenca del río Monjas y el sentido de prevención y cuidado del ecosistema sobre el que se definió la Ordenanza han estructurado en primera instancia una comunidad reparadora, conformada por actores urbanos con funciones de atención y alerta ante la expectativa de eventos con baja predictibilidad como el riesgo de desastres. Sin embargo, en tanto la proyección de la Infraestructura Verde-Azul plantea un modelo de desarrollo sostenible de largo plazo, anclado a las necesidades y recursos del distrito metropolitano, se abre la opción de configurar una comunidad de estrategias, esto es, actores estatales y no estatales con un sentido pragmático de gestión y una capacidad de agencia colectiva para la transformación.

Conclusiones

La Ordenanza de Infraestructura Verde-Azul fue promulgada a partir de un evento contingente como la sentencia de la Corte Constitucional a favor de la cuenca del río Monjas. No obstante, la proyección prospectiva de una infraestructura ecosistémica basada en la naturaleza permite caracterizarla como un sistema anticipatorio de desarrollo sostenible. Esto en razón de que la readecuación del actual régimen institucional de la gobernanza ambiental del DMQ está condicionado por la visualización futura de un territorio sostenible y resiliente. Este proceso adquiere mayor relevancia en el contexto de la promulgación de la nueva Ley Orgánica de Gestión Integral de Riesgos de Desastres (2024), instrumento nacional que ratifica el sentido anticipatorio de las políticas y planificación basadas en la prevención y promueve, además, una complementariedad entre la gestión del riesgo de desastres, la gestión ambiental, y la mitigación y adaptación al cambio climático, en concordancia con los principios de la Ordenanza de Infraestructura Verde-Azul.

La construcción de una Infraestructura Verde-Azul en el DMQ plantea el reto de impulsar una gestión del riesgo fundamentada en estrategias de prevención, enfoques multiamenaza y análisis de vulnerabilidades. Esto implica fortalecer las capacidades del gobierno metropolitano para actuar sobre las causas del riesgo, impulsar la participación ciudadana y soluciones basadas en saberes técnicos y comunitarios (Greiving et al. 2021). La participación de

actores no estatales de la sociedad y del mercado, y su inclusión en la planificación urbana, son claves para la construcción de una visión compartida de sostenibilidad y resiliencia en el DMQ (Pelling et al. 2023). Así mismo, es importante generar una mayor articulación entre el gobierno central y los gobiernos locales, para territorializar los lineamientos de reducción de riesgos planteados a nivel nacional, en términos de una coherencia entre los objetivos y los instrumentos seleccionados (Córdova, Menoscal y Moreno 2022).

Experiencias como la sentencia de protección de la Corte Constitucional, que derivó en la promulgación de la Ordenanza de la Infraestructura Verde-Azul, constituyen una ventana de oportunidad para impulsar una agenda de políticas de reducción de riesgos más inclusiva, direccionada a reducir las vulnerabilidades y la exposición de la población, y que permita replantear, en el mediano y largo plazos, el modelo de desarrollo del DMQ desde un criterio de sostenibilidad.

Referencias

- Córdova, Marco, y Jonathan Menoscal. 2021. “Políticas públicas para ciudades sostenibles. El caso Puertas del Sol en la ciudad de Quito-Ecuador”. *L’Ordinaire des Amériques* 227. <https://doi.org/10.4000/ordea.6365>
- Córdova, Marco, Jonathan Menoscal y Esteban Moreno. 2022. “Governance and the design of postdisaster policies: a comparative analysis from Latin America and the Caribbean”. *Disasters* 43 (3): 766-86. <https://doi.org/10.1111/disa.12561>
- González, Salomón, ed. 2024. *Cities as Anticipatory Systems*. Nueva York: Springer.
- Greiving, Stefan, Leonie Schödl, Karl-Heinz Gaudry, Iris Quintana, Benjamín Prado, Mark Fleischhauer, Myriam Jácome y Jonathan Tobar. 2021. “Multi-Risk Assessment and Management—A Comparative Study of the Current State of Affairs in Chile and Ecuador”. *Sustainability* 13. <https://doi.org/10.3390/su13031366>
- Hammershøj, Lars Geer. 2017. “Diagnosis of the Times”. En *Handbook of Anticipation*, 1-20. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31737-3_64-1
- Keivani, Ramin. 2010. “A review of the main challenges to urban sustainability”. *International Journal of Urban Sustainable Development* 1 (1-2): 5-16. <https://doi.org/10.1080/19463131003704213>
- Martí-Costa, Marc, Gustavo Durán y Alejandra Marulanda. 2016. “Entre la movilidad social y el desplazamiento: una aproximación cuantitativa a la gentrificación en Quito”. *Revista INVI* 31 (88): 131-160.
- Metzger, Pascale, y Nury Bermúdez. 1996. *El medio ambiente urbano en Quito*. Quito: MDMQ, Dirección General de Planificación.

- Miller, Riel, Roberto Poli y Pierre Rossel. 2013. *The Discipline of Anticipation: Exploring Key Issues*. <http://www.costa22.dk/>
- Pelling, Mark, Thaisa Comelli, Marco Córdova, Sibel Kalaycioğlu, Jonathan Menoscal, Rachana Upadhyaya y Marrhias Garschagen. 2023. "Normative future visioning for city resilience and development". *Climate and Development*. <https://doi.org/10.1080/17565529.2023.2223564>
- Peltre, Pierre. 1989. *Riesgos naturales en Quito*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Poli, R. 2017. "Introducing Anticipation". En *Handbook of Anticipation*, 1-14. Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-31737-3_1-1
- Sierra, Alexis. 2009. "La política de mitigación de los riesgos en las laderas de Quito: ¿qué vulnerabilidad combatir?". *Bulletin de l'Institut français d'études andines* 38 (3). doi: 10.4000/bifea.2421
- Zevallos, Othón. 1999. *Ocupación de laderas e incremento del riesgo de desastres en el Distrito Metropolitano de Quito*. <http://www.eird.org/bibliovirtual/riesgourbano/pdf/spa/doc15344/doc15344contenido.pdf>
- 2009. "Degradación, vulnerabilidad y riesgo hidrogeomorfoclimático en áreas urbanas de laderas". En *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina*. Quito: FLACSO-Ecuador, Ministerio de Cultura del Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/42386.pdf>

Conclusiones

Este libro constituye un balance inédito, pero parcial, sobre los estudios y la gestión de riesgos en Quito. Existen limitaciones inherentes al ejercicio, entre las que destacamos las cuatro que se describen a continuación.

Los textos examinados son principalmente producciones científicas realizadas por la comunidad académica. Pero, a lo largo de 30 años, otros actores han producido una gran cantidad de conocimiento bajo los conceptos consultoría, asistencia técnica o trabajo de ONG, desde las ciencias sociales y desde las geociencias, o desde una perspectiva de gestión. Al no considerar un abanico más amplio de productores de conocimiento, el esfuerzo de recopilación y análisis es necesariamente limitado. El universo considerado es homogéneo, aunque no tan diversificado como pudiera ser.

El perímetro de los riesgos considerados deja fuera una cantidad de situaciones problemáticas que perturban el funcionamiento de la ciudad, pero que no han sido objeto de atención sistemática por parte de la comunidad académica que estudia los riesgos en la capital ecuatoriana. Nos referimos al riesgo de contaminación, la pandemia por COVID-19 y sus consecuencias, los riesgos industriales y de tránsito, los temas de (in)seguridad ciudadana y delincuencia, o bien episodios trágicos que marcan la vida urbana, como pudo serlo el incendio de la discoteca The Factory en el sur de Quito. Obviamente, se ha producido conocimiento sobre estas situaciones, pero sin duda de forma más sectorial y menos articulada con una reflexión más amplia sobre el riesgo urbano y sus relaciones con las dinámicas y el manejo del territorio. Es importante pensar que, más allá de los riesgos abordados en este libro, existe una variedad de situaciones de riesgo en la ciudad que de ninguna manera deben ser ignoradas.

Los esfuerzos de estudio y gestión de riesgos sobre los cuales trata este libro se centran en un abordaje del tema apegado a la construcción social del riesgo. Las producciones de La Red, colectivo de científicos en ciencias sociales dedicado al estudio de los riesgos y desastres, han mostrado la importancia de las dimensiones sociales y políticas tanto en la producción como en la gestión de riesgos. Sin embargo, el peso del conocimiento de la amenaza en el panorama general de lo que se produce sobre riesgos es considerable. El aporte del estudio de la amenaza es notorio, pero también presenta limitaciones, en particular en términos de difusión de los productos científicos en el mundo social y de su impacto en la gestión. Es por ello que nace la oportunidad de este libro, centrado en un abordaje específico respecto al tema de riesgos, para aportar a la disminución de la brecha entre

las ciencias y la reducción de riesgos de desastres. Pensar el riesgo a partir de las dinámicas territoriales –de su construcción social, de la gestión, de las asimetrías del mundo social– es considerar las situaciones de riesgo desde una perspectiva de la acción –de su manejo, de las estrategias de reducción o de la posibilidad de generar políticas públicas–.

Solamente podemos dar cuenta de los abordajes y temas que nuestra comunidad académica cubre. No se investigan todos los aspectos relacionados con los riesgos de igual manera, sino que la investigación refleja los recursos presentes, la organización institucional, las orientaciones prioritarias, etc. Por ejemplo, uno de los capítulos introduce una antropología de los riesgos en Quito y Ecuador, una rama con pocos antecedentes en el país, mientras tiene mayor trayectoria en Venezuela o Colombia. El alcance del balance también refleja las oportunidades en contexto, a lo largo del tiempo y contando con las condiciones y los recursos disponibles, tanto institucionales como de personal o presupuestarios.

Los vacíos que dejan 30 años de estudios y gestión de riesgos...

Difícil encuentro entre conocimiento y acción

La producción científica puede ser de gran calidad, aunque muy a menudo no se corresponde con las necesidades de la toma de decisión, los recursos o las posibilidades de acción. Tener conocimiento no lleva de forma directa a iniciativas adecuadas en términos de gestión y reducción de riesgos. Entran otros criterios que los del conocimiento en el camino hacia una decisión oportuna. El rol de la ciencia en las políticas es clave, pero las políticas públicas, o las decisiones de individuos, colectivos y empresas, no dejan de ser políticas. Son el fruto de un arbitraje en el cual están involucrados intereses, relaciones de fuerza, cálculos, agendas y prioridades, más allá de lo que se conoce de los elementos que componen las situaciones de riesgo. Una cosa es producir conocimientos científicos sobre las situaciones de riesgo y otra es pensar la producción de conocimiento de cara a la acción, en un contexto particular, considerando actores y niveles de actuación específicos. A pesar de la cantidad y de la diversidad del conocimiento producido en más de 30 años, el panorama de los riesgos urbanos aún es preocupante. Cientos de miles de habitantes siguen en situación de alta vulnerabilidad por su exposición a amenazas, además de los otros factores de vulnerabilidad. Más allá del conocimiento producido, las propias dinámicas territoriales y demográficas afectan el panorama de riesgos en la ciudad; por ejemplo, se vacían los centros que antes eran densamente poblados y crecen las periferias urbanas

que cuentan con menos servicios e infraestructura. En estas condiciones, siempre se encuentra mayor población en sectores con menores capacidades. Surge una disyuntiva entre el conocimiento producido (consistente, de buena calidad) y la persistencia de las situaciones de riesgo. Las mayores dificultades no radican en problemas de conocimiento.

La integración entre ciencia y acción siempre ha sido difícil. De nada sirve valerse de los “resultados objetivos” de la ciencia para legitimar una decisión política. Si bien la ciencia puede describir los hechos, no decide. Se decide desde lo político. Desde ahí se dan opciones que hay que asumir como elecciones políticas, mas no defender como necesidades técnicas. Una decisión no se impone por sí sola, considerando lo obvio que aparezca la situación. Es responsabilidad de lo político involucrar criterios de riesgo en el abanico de sus opciones. El riesgo en Santa Clara no se maneja igual al riesgo en Solanda, o en el sector del río Monjas, al norte de Quito. Una ciencia sobre riesgos más consistente y preocupada por la acción no resta protagonismo a lo político, sino todo lo contrario, contribuye a que lo político asuma un posicionamiento en términos de riesgo, de desarrollo y de territorio.

Un cambio de paradigma no logrado

Un gran aporte desde los territorios ha sido conceptual. Consiste en pensar el riesgo a partir de las características, dinámicas y condiciones de funcionamiento socio-espaciales, siendo la exposición a la amenaza una de las razones por las cuales el funcionamiento del territorio puede entorpecerse. Identificar funciones esenciales garantizadas por una serie de equipamientos, servicios o infraestructuras permite orientar una política pública de inversión, mantenimiento y reducción de la vulnerabilidad. Sin embargo, esto requiere una evolución del paradigma dominante del riesgo ($\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$) que incluya la figura de los elementos esenciales, de las políticas públicas e intervenciones en el espacio, y actualice el prisma prioritario a partir del cual se construye el problema del riesgo. Si bien la literatura internacional establece que no existen relaciones directas entre la amenaza y los daños, no se ha logrado cambiar el paradigma dominante de la lectura de los riesgos. Ello no se ha logrado en la comunidad académica, aunque el abordaje de los riesgos por las causas profundas y los mundos sociales tiene legitimidad. Menos aún se ha logrado en los sectores de la acción, donde los protocolos, metodologías, guías y herramientas empiezan sistemáticamente con la consideración de las amenazas principales (o identificadas) en el lugar de intervención. El campo epistemológico también es un espacio de disputa, en el cual compiten visiones, pero también instituciones y disciplinas, pensando en audiencia y legitimidad, en fondos y recursos, etc. Lo establecido en la comunidad académica puede mantenerse como

confidencial, cual sea el grado de confianza y de apoyo, a la hora de cambiar usos y prácticas en el resto del mundo social, en el territorio, para la planificación o la gestión urbana. Los obstáculos ante la posibilidad de una apertura en la forma de pensar los riesgos, de cara a una transformación eventual y significativa de las situaciones de riesgo y de las vulnerabilidades, siguen fuera del espectro considerado en nuestras investigaciones.

No se ha logrado pensar la vulnerabilidad como estrategia de desarrollo

A pesar de los esfuerzos de integración entre las problemáticas de riesgo, las dinámicas territoriales y las dinámicas de vulnerabilidad, no se ha logrado romper con una visión fragmentada del riesgo y de las posibilidades de acción. La Red ha definido la construcción de riesgos como una trayectoria compleja, fundada en la agregación de causas profundas inherentes al mundo social y a su relación con el medio ambiente; sin embargo, en la práctica, no se involucra la gestión de las dinámicas sociales en el perímetro legítimo de la gestión de riesgo. En la mayoría de los casos, los riesgos son tratados de manera aislada, localizada, en pequeñas zonas del territorio, de manera reactiva, sin que se tenga una estrategia territorial sistemática más allá de la ocurrencia inminente de un evento trágico, tanto para prevenir como para prepararse. Si el riesgo no se plantea como un problema del modelo de desarrollo, se pierde la oportunidad de articular la gestión de riesgo con dominios de intervención tan variados como la vivienda, la movilidad, la salud y todos los otros servicios urbanos.

La escala de estudio también importa. En el caso de Quito, las dinámicas territoriales invitan a pensar de forma explícita las dimensiones urbano-rurales de la aglomeración, y no solamente dedicar esfuerzos a los sectores más urbanos y densos del DMQ. Existen sinergias y conexiones entre territorios y niveles de gobierno que participan de la definición de los riesgos. Las condiciones de vida y las estructuras territoriales constituyen elementos de intervención potenciales para transformar de manera profunda y significativa las condiciones de vulnerabilidad y de riesgo, más allá de la respuesta a la emergencia.

A ello corresponde la vulnerabilidad ordinaria. Sin importar el tipo de amenaza, reducir las vulnerabilidades cotidianas de la gente contribuye a disminuir las condiciones de riesgo en todos los casos. Diseñar una política de desarrollo integral permite, a la vez, reducir los riesgos de desastres y fomentar mejores condiciones de vida. No obstante, el perímetro de intervención del riesgo no está articulado con el del desarrollo. Los cruces más avanzados se plantean para fomentar la resiliencia ante el cambio climático, hasta tal punto que se habla de la climatización de la acción pública. Pero

de cierta manera, fomentar la resiliencia del territorio o de la sociedad es renunciar al mejoramiento de las condiciones estructurales de vulnerabilidad (a tratar las causas profundas); sin garantizar una mejor integración de los problemas, no se podrán evitar los desastres futuros. Al relacionar la gestión de riesgo con un sector de intervención aislado se renuncia a mejorar las condiciones de vida de los más vulnerables y se impide el aporte de una respuesta estructural y significativa a las dinámicas sociales estructurantes identificadas en la construcción de los riesgos.

Obstáculos para la transformación del estudio y la gestión de los riesgos

Existen múltiples razones para explicar los vacíos persistentes después de 30 años de esfuerzo para la generación de conocimiento y de acción sobre los riesgos. Se pueden mencionar frenos inherentes a la comunidad académica, a la estructuración disciplinaria y al funcionamiento de la investigación: la competencia entre equipos o temas de estudio, la conexión con las fuentes de fondos y las orientaciones impuestas por el financiamiento de la investigación por proyecto. Contando con recursos presupuestarios y de tiempo limitados, no todo es posible simultáneamente; es necesario tomar decisiones, liberar espacios y recursos para dedicarlos a otras actividades, etc. Los obstáculos también son políticos, no solamente en las orientaciones que se dan a la investigación o a la gestión, sino también mediante la visión que se tiene del sector de la gestión de riesgo a la hora de “gobernar”. ¿Qué importancia se le da? ¿En qué lugar del organigrama institucional se encuentra? El posicionamiento político de la gestión de riesgo también aparece en la manera en que los discursos internacionales traccionan las acciones locales. Por ejemplo, actualmente se da más importancia a la preparación, la alerta temprana y el seguimiento instrumental de algunas grandes amenazas, lo que influye en el tipo de iniciativas tomadas.

Así mismo, los frenos radican en la falta de capitalización y circulación del conocimiento producido entre instituciones u organismos en el tiempo. Esta falla de memoria conduce a repetir estudios y desperdiciar esfuerzos, lo que lleva a que se reproduzca más de lo mismo. Apegarse a una visión instrumental y técnica de la gestión de riesgo remite a usar la planificación, por ejemplo, como una herramienta implacable para que se respeten los usos más adecuados del espacio. Pero la planificación raramente anticipa el mundo de mañana, más bien acompaña, sobre la marcha, dinámicas ya encaminadas en el presente. Es una ilusión pretender formatear el futuro con principios reglamentarios e ideas claras. Son importantes y variadas las formas de la resistencia al cambio de los territorios, de sus dinámicas, de la trayectoria y del orden de los grupos sociales que los ocupan y contribuyen

a fabricarlos. El tema del riesgo no encontrará ningún punto final, ya que las dinámicas socio-territoriales son continuas. Pero las respuestas parciales que la investigación podrá aportar serán, cuanto más, inocuas, en cuanto dejarán fuera del alcance de su trabajo los efectos de contexto múltiples y las dimensiones estructurales que contribuyen a la fábrica de los riesgos y su gestión. Sin cambio de paradigma, sin estrategia conceptual inédita, parece difícil solventar los obstáculos identificados y marcar una verdadera diferencia.

... y algunas brechas por cerrar de cara al futuro

Aportaciones para una estrategia de investigación

La articulación necesaria entre ciencia y gestión de riesgo plantea un desafío a la comunidad académica nacional. Por un lado, afecta la capacidad de formación, la inversión en recursos humanos, a los currículos universitarios, a las carreras profesionales sensibles al análisis de riesgo. De otra parte, conmina a que la producción de conocimientos sobre amenazas, territorios y sociedades trascienda una perspectiva técnico-académica, capaz de involucrar a políticos y ciudadanos en la co-construcción de saberes para la gestión de riesgos. En Ecuador existe una comunidad nacional que ya tiene trayectoria y antecedentes. Al final de 30 años de esfuerzos, se nota un alto nivel de reflexividad, en particular en cuanto a la posibilidad de pensar la actividad como productores de conocimiento, a la luz de los resultados concretos en términos de gestión de riesgos, y no solamente en función del impacto científico que pueda tener el trabajo de investigación. Existe una verdadera consciencia de su alcance y una reflexión en torno a la estrategia de investigación más adecuada de cara a la gestión.

Sin embargo, la comunidad parece frágil, poco consolidada y sometida a los requerimientos estratégicos de las grandes instituciones, orientadas hacia abordajes específicos, fragmentados. Es una responsabilidad colectiva, desde la academia, fomentar espacios de diálogo, circulación y trabajo transversal para establecer estrategias de investigación más integradas y ancladas en las necesidades y posibilidades de los contextos de estudio. El incentivo institucional, el rol del Estado en la estructuración del espacio de debate, es de gran importancia, como lo enseñó la ruptura que provocó la Constitución de 2008. También lo demuestra la adopción de la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres en 2024, marco legal inédito en ese ámbito. Pero la comunidad académica tiene un rol en la forma en que posiciona su sector de actividad (la investigación y la producción de conocimiento) en relación con las lógicas de acción, gestión y reducción

de riesgos en los territorios. Son necesarios espacios donde se piensen las situaciones de riesgo, los mundos sociales, sus dinámicas y sus desafíos; pero también espacios que permitan reflexionar y contrastar las opciones tomadas y sus consecuencias.

Seguir haciendo ciencia con la intención de marcar una diferencia

El debate epistemológico, sobre como construimos las preguntas y los problemas tratados, no solamente es un desafío de gabinete, para unas pocas personas enteradas. De las preguntas que hacemos dependen las posibilidades de trabajo o de colaboración, y buena parte de las soluciones o los resultados potenciales. Volvemos a encontrar una tensión en la bibliografía académica, pero también una tensión casi moral entre, por un lado, la identificación de las causas profundas de la vulnerabilidad, injustas, que dan lugar a pocas posibilidades de transformación; y, por otro lado, una lectura más funcional de las situaciones de riesgo, que no actúa sobre las causas sino al margen de las situaciones, lo que permite intervenir, pero no transformar. Se evidencia una deriva común de lo que es “hacer gestión” hoy en día, en particular en el ámbito ambiental y de riesgos. La organización de la acción a menudo llega después de que se hayan dado las situaciones problemáticas. Sabemos mucho, pero muchas veces llegamos tarde. En la gestión de riesgos, en definitiva, es poco lo que gestionamos. Acompañamos situaciones a veces caóticas que no logramos prevenir. Es lo que nos enseñan las situaciones postcatastróficas, como los meses posteriores al sismo de abril de 2016 en la costa norte del Ecuador. Mientras esperamos el desastre mayor, nos tranquilizamos cumpliendo con planes que requieren el diagnóstico de las amenazas y las vulnerabilidades pero que, en definitiva, no traen cambios significativos en nuestras formas de ocupar el espacio. Es bueno reflexionar en torno a lo que estamos haciendo (o no haciendo) de verdad, más allá del *tick the box syndrome*, que consiste en tachar una casilla en el papel considerando que se ha alcanzado un objetivo, sin tomar la medida de las transformaciones ni de las inercias en el terreno. De ahí la importancia de reflexionar, cuestionar nuestras prácticas, estrategias, objetivos como investigadores, preocupados por el devenir de los conocimientos que producimos en el área de las políticas de prevención y manejo del territorio. Las iniciativas de programas y proyectos que se implementan en la capital tienen un efecto demostrativo en la formulación de políticas públicas tanto a nivel nacional como en otras ciudades del país. Quito es la ciudad con un mayor número de profesionales y equipos técnicos, lo que genera una base de conocimiento e información

para el resto del país. Es un lugar adecuado para considerar la posibilidad de un laboratorio de experiencias de investigación inéditas.

¿Un buen momento para pensar ajustes de la investigación? **El peso de la cronología de eventos**

El riesgo sigue siendo un buen tema de estudio de lo social, pero también de lo ambiental, en la medida en que consideramos que las sociedades formulan problemas mediados por el ambiente, en nuestro caso, por los riesgos; problemas sociales, pero también problemas de ocupación del espacio, de relación entre las sociedades y el ambiente. Ya no caben dudas, ni los desastres ni los riesgos son naturales, son construcciones sociales que presentan una trayectoria, dinámicas sociales, espaciales y de poder. La forma de gestionar dichas situaciones también es contingente, a la vez que las maneras en que se estudian son parte de un contexto amplio. Es de suma importancia entender los contextos en los cuales emergen los riesgos, se constituyen como problema en el espacio público, son objeto de interés, de parte de quién, etc. Como en cualquier otro lugar, la agenda de los grandes eventos naturales, a menudo asociados con desastres de envergadura, o al menos con una conmoción popular y simbólica, cuentan en la cronología de las iniciativas, reglamentación, intervenciones en el tema. Tomemos como ejemplo los procesos eruptivos del Guagua Pichincha en 1999 y 2000, que han significado un antes y un después en la gestión de crisis en la ciudad. Algunos eventos puntuales son de gran resonancia, tal vez no tanto en relación con la intensidad de los daños y del impacto, sino más bien a raíz de la conmoción que han causado. La dimensión simbólica del hundimiento de El Trébol (además de las perturbaciones para las movilidades urbanas) o del accidente industrial de El Beaterio, en el sur de la ciudad, no debe ser descuidada, pues tiene consecuencias concretas en la forma en que se han gestionado los riesgos desde la administración pública. También cuentan la actividad política e institucional, el incentivo del actor público, como han podido serlo la adopción de la Constitución de 2008 o de la Ley Orgánica de Educación Superior en 2010, que permitieron estructurar una oferta universitaria inédita en temas de riesgo. Cuando se crean grandes actores institucionales, se estructura –y se orienta– el sector académico y de investigación sobre riesgo. Es el caso del IG-EPN, que, además de su rol en el monitoreo y alerta, canaliza gran parte de los esfuerzos de generación de conocimiento sobre ciertos tipos de amenazas físicas.

En esta cronología, el panorama institucional y de abordajes privilegiados de los riesgos no es nada homogéneo ni equilibrado. Es de destacar las pulsaciones de las cronologías y de los contextos, tanto políticos como espaciales, a la hora de interpretar las grandes tendencias de la gestión y

los estudios de riesgos. Hemos juntado un pequeño número de eventos de diferentes índoles que pueden influenciarlas, pero bastan para demostrar que, como cualquier actividad social, ni la gestión ni el estudio de los riesgos se pueden considerar de forma absoluta, fuera de todo contexto, secuencia histórica o tipos de actores involucrados.

Pretendemos que no se puede estudiar los riesgos de manera aislada, y que la apuesta por una mayor integración de la investigación sobre riesgos (tanto en términos interdisciplinarios, entre disciplinas, como transdisciplinarios, en diálogo con actores extraacadémicos) puede delinear un camino hacia una estrategia alternativa de investigación sobre riesgos en Quito.

Hacia nuevas estrategias de investigación, institucionales y de formación

Son muchos los desafíos que enfrenta la comunidad académica sobre riesgos hacia una mejor articulación con la gestión y una reducción efectiva de las condiciones de riesgos. En términos de la estrategia de investigación, parece importante ampliar el horizonte problemático, romper con la fragmentación del estudio de los componentes de riesgo y con los estudios de caso, para pensar el peso de los efectos del contexto y dinámicas más genéricas y estructurales involucradas en la construcción de los riesgos. Para ello, se requiere ampliar el abanico disciplinario de investigadores y, sobre todo, fomentar colaboraciones, cruces, pasarelas entre ellos. No solamente se trata de hacer dialogar a los resultados, sino que también es necesario elaborar preguntas, objetos, métodos, conjuntamente, teniendo en cuenta la circulación de ese trabajo y de sus resultados en el mundo de la gestión, extraacadémico. Como estrategia de investigación, los objetivos de interdisciplinariedad (trabajo entre disciplinas) y de transdisciplinariedad (trabajo entre sectores, académicos y no académicos) deben desembocar en una propuesta conceptual original a partir de la cual recomponer los conocimientos, su producción y su circulación. No basta con articular mejor a quienes trabajan sobre la amenaza y a quienes lo hacen sobre la vulnerabilidad. Parte del problema radica en la visión, en el paradigma, en la forma en que hacemos la pregunta. Para responder a ello, la comunidad académica, conjuntamente con la cooperación, se organiza para fomentar e institucionalizar espacios de encuentro y trabajo que permitan elaborar nuevos marcos y referencias de trabajo. Es la gran apuesta de la construcción de una ciencia de los desastres en un territorio privilegiado por sus recursos disponibles y su capacidad de acción: Quito.

La estrategia de conocimiento por elaborar requiere apoyo institucional, económico y reglamentario. Hemos identificado lo importante de los contextos, de las opciones que se toman en términos de presupuesto, o

de prioridades temáticas. También resulta fundamental para el mediano y largo plazos una estrategia de formación, para ofrecer carreras universitarias y currículos calificantes. La formación universitaria no solamente alimenta a la comunidad académica, sino que también completa la capacitación de los técnicos y profesionales de la gestión de riesgo. Al plantear la evolución de las prácticas como un objetivo estructurante, no se puede solamente repetir lo mismo a través de iniciativas de capacitación, es necesario introducir reflexividad y considerarla como una inversión pública para aportar respuestas significativas a la altura de los desafíos que representan los riesgos en Quito y más allá en el país.

Epílogo

La investigación francesa en cooperación sobre vulnerabilidad: cómo Quito marcó una diferencia (1980-2010)

Apreciar la evolución de la investigación francesa en cooperación sobre los riesgos urbanos en Quito es considerar una actividad social –la investigación– que participa en el desarrollo de la ciudad y produce conocimientos específicos. En este sentido, el *Atlas de Quito* (1992) y el desarrollo de esta investigación “al servicio de la acción” (Sierra 2011) son el resultado de una combinación de actores científicos y no científicos, de dimensiones sociales y políticas favorables o adversas a la investigación, y de un “entorno” que De Maximy (1991, 104) describe como característico de la ciudad de Quito, propicio para las primeras actividades de investigación francesa en cooperación.

En 1987 inició el primer programa de investigación: *Atlas Informatisé de Quito* (1987-1992). El acuerdo interinstitucional refleja cuatro años de negociación (1984-1987) que revelan la importancia de las dimensiones sociales y políticas propias del contexto quiteño. Desde el “entorno” antes mencionado hasta los datos más recientes recogidos por el Municipio, desde la crisis económica de 1986 que afectó los presupuestos municipales hasta la Ley del Distrito Metropolitano de 1993, el territorio quiteño ha influido en las preguntas que se han planteado los investigadores, en la base de datos y el SIG Savane (desarrollado por Marc Souris), y en los conceptos que han introducido.

Tras el éxito de este primer programa, las relaciones que se pudieron establecer y los resultados producidos (base de datos, SIG, capacitación de los técnicos municipales, producción de conocimiento sobre el territorio), la investigación de los años 2000 inauguró un campo de investigación sobre vulnerabilidad integrando las dimensiones territoriales en los trabajos científicos (D’Ercole y Metzger 2004). Un territorio sometido a múltiples amenazas, un presupuesto municipal limitado, una fragmentación de competencias son condiciones que han contribuido a prestar mayor atención a “lo que cuenta”, los elementos esenciales, modificando así la interpretación conceptual y operativa del riesgo (D’Ercole y Metzger 2005). Así pues, los investigadores estuvieron atentos a lo que limitaba o, por el contrario, favorecía la traducción en acciones de los conocimientos científicos que producían.

Esta nueva forma de producir conocimiento científico está dando lugar a un giro reflexivo y epistemológico aparente en parte de los trabajos del programa ANR REMAKE (2016-2022). Emprendido por algunos de los miembros de la comunidad binacional que trabaja en riesgos urbanos en Quito, el trabajo del grupo de ciencias sociales se centró en el caso de Esmeraldas, a través de un análisis de los riesgos del territorio y del conocimiento que se tiene de ellos (Rebotier, Metzger y Pigeon 2023). Se trata de cuestionar la investigación científica en la medida en que nos muestra una determinada forma de leer y producir el territorio, una forma de “hacer mundo” (Goodman [1978] 2006). Con base en este diagnóstico, se exploran nuevas vías epistemológicas para examinar las cuestiones planteadas por la investigación científica, así como sus efectos en el ámbito de la reducción de la vulnerabilidad. ¿Qué hace la investigación al mundo social? Quito es un laboratorio privilegiado para ello.

Referencias

- D’Ercole, Robert, y Pascale Metzger. 2004. *Vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: MDMQ-IRD.
- 2005. “Repenser le concept de risque pour une gestion préventive du territoire”. *Pangea* (juin-décembre): 19-36.
- De Maximy, René. 1991. “Un observatoire urbain? Mais encore...”. *Villes en parallèle* 17-18: 102-11.
- Goodman, Nelson. (1978) 2006. *Manière de faire des mondes*. París: Folio Essais.
- Rebotier, Julien, Pascale Metzger y Patrick Pigeon. 2023. *Esmeraldas: Un desafío al conocimiento*. Quito: Abya Yala-IRD.
- Sierra, Alexis. 2011. “Une recherche en partenariat au service de l’action contre les risques”. *EchoGéo*. <http://journals.openedition.org/echogeo/12329>

Sobre las coordinadoras y los coordinadores

Andrea Carrión. Doctora en Geografía con especialización en Economía Política por la Universidad de Carleton (Canadá). Profesora titular del Instituto de Altos Estudios Nacionales hasta mayo de 2024 y profesora asociada de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador. Su experiencia profesional y académica incluye temas vinculados a gestión urbana, gobernanza local, planificación territorial, producción social del hábitat y adaptación al cambio climático. En 2024 realizó una estancia de investigación en el laboratorio Transitions Energétiques et Environnementales, con una beca de Urban Studies Foundation. Es coautora del capítulo “Urban resilience in Latin America: questions, themes and debates”, del libro *Urban Resilience to Climate Emergency*, editado por Springer (2022).

Julien Rebotier. Doctor en Geografía con especialización en ordenamiento, urbanismo y estudios latinoamericanos por el Instituto de Altos Estudios sobre América Latina, Universidad Paris III / Sorbonne-Nouvelle. Investigador a tiempo completo del CNRS, laboratorio TREE en Bayonne (Francia). Sus investigaciones tratan sobre riesgos y medioambiente en América andina (en especial Ecuador y Venezuela), con un enfoque reflexivo de epistemología crítica. Promueve un abordaje territorial de los temas ambientales en el marco de una geografía social y política. Es autor y coautor de varios libros sobre el tema y recientemente de artículos sobre Ecuador y la ciudad de Esmeraldas, entre los cuales destacan *Esmeraldas. Un desafío el conocimiento* (Abya Yala, 2023) y “Oil offsets in Esmeraldas (Ecuador). When the promotion of development shores up unequal risk situations” (*Ecological Economics*, 2023).

Pascale Metzger. Doctora en Geografía, Ordenamiento Territorial y Urbanismo por la Universidad Paris III Sorbonne-Nouvelle, y HDR por la Universidad Grenoble Alpes. Es investigadora del Instituto francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), miembro del laboratorio PRODIG. Desarrolla problemáticas de investigación relativas a riesgos, medioambiente y gestión de crisis en ciudades andinas, con propuestas conceptuales y metodológicas. Es autora o co-autora de varios libros y artículos en particular *El medio ambiente urbano en Quito* (1996), *La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito* (2004), *Vulnerabilidades urbanas en los países andinos* (2009), *Vulnerability, Territory, Population. From Critique to Public Policy* (2024).

Fernando Puente-Sotomayor. Doctor en Planificación Urbana por la Universidad de Lieja (BE). Magíster en Gestión Urbana por la Universidad Erasmo de Róterdam (NL). Estudios en el Consorcio UNIGIS. Arquitecto por la USFQ (EC), Universidad de Illinois Urbana-Champaign (EU). Ha sido docente en la UCE (actualmente), UTE, USFQ, ESPE y U. Indoamérica. Fue técnico, asesor y director en planeamiento en el Municipio de Quito. Consultor para proyectos del BID, GIZ y municipios. Funcionario técnico en instituciones públicas y privadas. Colaborador en paneles profesionales en Bélgica, Cuba, Ecuador, Filipinas y Perú, en ordenamiento territorial. Sus líneas de investigación incluyen la gestión de suelo urbano, reducción de riesgo y centralidades urbanas. Autor de varias publicaciones, incluyendo “Land policies for landslide risk reduction in Andean cities” (*Habitat International*, 2021), “Landslide Susceptibility Mapping of Urban Areas: Logistic Regression and Sensitivity Analysis applied to Quito, Ecuador” (*Geoenvironmental Disasters*, 2021) y “Evolución de la política de suelo para la reducción del riesgo de deslizamientos en Quito” (*INVI*, 2023).

Sobre las y los autores

Alexandra Alvarado. Doctora en Geología con especialización en el estudio de fallas activas y geodinámica. Posee una amplia experiencia dentro del Instituto Geofísico, ya que se ha desempeñado como directora, jefe de la Red Nacional de Sismógrafos, jefe del Área de Sismología, así como jefe del Centro de Monitoreo e Información Sísmica y Volcánica (TERRAS). Es profesora titular de la Escuela Politécnica Nacional, donde ha dictado algunas materias en la carrera de Geología.

Daniel Andrade, S. Doctor en Ciencias de la Tierra por la Universidad de Clermont-Ferrand 2 (Francia). Profesor principal de la Escuela Politécnica Nacional, adscrito al Instituto Geofísico, desde 2010. Sus investigaciones incluyen el desarrollo de los volcanes a largo plazo y los procesos volcánicos superficiales que ocurren en interrelación con el tectonismo y el clima. También trabaja activamente en la evaluación del peligro y el riesgo volcánico. Ha participado en la elaboración de los mapas de peligro del volcán Cotopaxi y es el autor de los artículos “Detailed Cartography of Cotopaxi’s 1877 Primary Lahar Deposits Obtained by Drone-Imagery and Field Surveys in the Proximal Northern Drainage” (*Remote Sensing*, 2022) y “A simple and general methodology to calibrate seismic instruments for debris flow quantification: application to Cotopaxi and Tungurahua volcanoes (Ecuador)” (*Landslides*, 2022).

Fernando Barragán Ochoa. Doctor en Geografía por la Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Profesor en el Instituto de Altos Estudios Nacionales, donde coordina la Maestría en Prevención y Gestión de Riesgos. Profesor asociado a diversas universidades del Ecuador. En materia de gestión de riesgos, ha participado en diversos procesos de investigación aplicada en vinculación con la Asociación de Profesionales de Gestión de Riesgos, así como con organismos de cooperación internacional. Sus líneas de investigación se vinculan con las dinámicas socioespaciales, la prospectiva, y la planificación y el ordenamiento territorial. Es autor de diversas publicaciones en revistas académicas de América Latina y Europa.

Marco Córdova. Doctor en Ciencias Sociales con mención en Estudios Andinos. Profesor titular de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Coordinador del Doctorado en Políticas Públicas y del Centro de

Investigación de Políticas Públicas y Territorio. Su investigación se enmarca en temas relacionados con gobierno de la ciudad, políticas públicas locales, planificación territorial, instituciones políticas, desde los debates teóricos del neoinstitucionalismo y la gobernabilidad democrática, priorizando una metodología comparada en el contexto latinoamericano. Es coautor del artículo “Normative future visioning for city resilience and development” (*Climate and Development*, 2023).

Jairo Estacio. Magíster en Ciencias Geográficas y Análisis Espacial de Territorios por la Universidad de Savoie-Grenoble (Francia). Investigador, consultor y asesor regional para la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre, donde ha desarrollado temas de implementación de instrumentos, metodologías y mecanismos de coordinación regional para la reducción del riesgo en América Latina y el Caribe. Ha coordinado diferentes estudios relacionados con el manejo de las estadísticas sobre riesgo de desastres con oficinas de estadísticas en LAC, entre lo que se destaca el liderazgo del Grupo de Trabajo de Estadísticas para la medición de indicadores del Marco de Sendai de la Red de Conocimiento de la CEPAL. Ha participado en diferentes publicaciones en FLACSO, IAEN, IRD, IFEA e investigaciones de cambio climático, reducción de riesgos y vulnerabilidad.

Víctor Jácome. Doctor en Historia Latinoamericana por la Universidad Andina Simón Bolívar. Profesor e investigador de la Universidad Nacional de Chimborazo. Fue docente en el Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) (2011-2023), donde creó y coordinó la Maestría de Investigación en Economía Social y Solidaria. Entre sus temas de estudio se encuentran la historia y antropología económica con énfasis en la economía social, comunitaria, popular y solidaria, y la historia social de las comunidades y comunas indígenas urbanas. En el IAEN también coordinó el proyecto de investigación “Los riesgos y desastres en la zona centro norte del Distrito Metropolitano de Quito: estudio del sector de la comuna de Santa Clara de San Millán”.

Eliana Jiménez Álvaro. Doctora en Geociencias, Riesgos Naturales y Estudios Geológicos de Campo, Carrera Binacional Universidad de Tucumán (Argentina) y Universidad de Potsdam (Alemania). Profesora e investigadora de la carrera de Geología de la Escuela Politécnica Nacional, especialista en el estudio de riesgos geológicos asociados a movimientos en masa. Ha coordinado proyectos de vinculación con la colectividad para el análisis y evaluación de riesgos geológicos en barrios en situación de emergencia. Directora del Área de Desarrollo Local del Instituto de Investigación, Educación y Promoción Popular del Ecuador (2009-2013). Investigadora en el proyecto Tomorrow's

Cities (Ciudades del Mañana - Riesgos urbanos en transición) en el área de riesgos geológicos por movimientos en masa, dentro del cual se han publicado algunos artículos conjuntos con investigadores de la Universidad de Bristol, el más reciente: "Geotechnical variability of the soils of Quito, Ecuador: a geodatabase study".

Gualdemar Jiménez. Magíster en Derechos Humanos en América Latina: mención en Movilidad Humana, por la Universidad Andina Simón Bolívar. Docente del Instituto de Altos Estudios Nacionales, coordinador de la Maestría en Gestión Estratégica y Seguridad Ciudadana. Entre sus líneas de investigación se encuentran la seguridad, porte de armas, paz, no violencia y cultura de paz, el acercamiento a los temas de riesgos se hace desde la participación ciudadana y la seguridad humana.

Diego Jurado. Ingeniero en Ciencias Geográficas y Desarrollo Sustentable con mención en Ordenamiento Territorial por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Especializado en Gestión en Protección contra Incendios Forestales por CONAF-Chile y en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección por la Universidad Andina Simón Bolívar (Bolivia). Cuenta con una trayectoria en gestión de riesgos desde 2010, en la DMGR del Municipio de Quito y en el Centro de Operaciones de Emergencias Metropolitano. Su experiencia abarca el análisis de riesgos de desastres y la elaboración de planes de prevención y respuesta ante eventos adversos asociados a las temporadas lluviosa y seca. En 2013, junto a otros colaboradores, instituyeron el Centro de Operaciones de Emergencias Metropolitano, donde asumió el cargo de director desde junio de 2020 hasta enero de 2024. Durante su gestión, enfrentó desafíos significativos como la pandemia por COVID-19, el aluvión de La Gasca, eventos de conmoción social, entre otros.

Jonathan Menoscal. Doctor (c) en Políticas Públicas por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO-Ecuador). Se ha desempeñado como consultor en diferentes proyectos del Municipio de Quito y varias empresas privadas. Ha estado involucrado en la academia, como investigador de temas relacionados al impacto ambiental de la expansión urbana, la construcción social del riesgo, el desarrollo de redes de ciudades emergentes y el diseño de políticas públicas urbanas. Ha trabajado en instituciones públicas como la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Es docente en la Especialización de Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades en FLACSO-Ecuador. Actualmente es investigador en el proyecto UKRI-GCRF Urban Disaster Risk Hub-Tomorrow's Cities. Es coautor del artículo "Normative future visioning for city resilience and development" (*Climate and Development*, 2023).

Ramses Morante Intriago. Arquitecto por la Universidad Central del Ecuador. Analista de Ejecución de Proyectos en la Empresa Pública Metropolitana de Hábitat y Vivienda. En 2020 formó parte del equipo ganador de las dos etapas del concurso de planificación y diseño urbano “Corredor Metropolitano de Quito”. Ha sido ganador del Premio Universidad Central en el año 2020, dentro de la categoría *Obras arquitectónicas y artísticas*, y en el año 2021, en la categoría *Trabajos de fin de carrera*, por su tesis de grado, titulada “Escenarios de intervención urbano-arquitectónica en el sector afectado por subsidencia en Solanda”.

Jorge Ordóñez. Magíster en Ciencias de la Tierra y Gestión de Riesgos. Actualmente trabaja como especialista en Gestión de Riesgo de Desastres en la Secretaría General de Seguridad Ciudadana y Gestión de Riesgos del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Ha participado en investigaciones relacionadas con el conocimiento de amenazas volcánicas, así como también ha cooperado en el desarrollo de mapas de amenazas volcánicas y es coautor de artículos científicos de temas afines. En la gestión municipal, ha participado en el desarrollo de metodologías de evaluación del riesgo de desastres a nivel local; en la elaboración de ordenanzas afines a la reducción del riesgo de desastres; en la construcción del plan de desarrollo y ordenamiento territorial, del plan de uso y gestión del suelo y de planes urbanísticos complementarios; en la formulación de planes de reducción de riesgos específicos; ha liderado y participado en proyectos de cooperación con instituciones académicas y agencias internacionales; además, forma parte del equipo técnico de especialistas en evaluaciones de daños en emergencias o desastres de origen geológico.

Daniel Pacheco. Doctor en Ciencias de la Tierra y del Universo por la Universidad Côte d’Azur (Francia). Responsable de Sismología en el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Su investigación se enfoca en el desarrollo e implementación de métodos de interferometría de ruido sísmico para la obtención de imágenes geofísicas profundas y de subsuperficie. Ha participado activamente en el estudio de la respuesta sísmica y los efectos de sitio en la ciudad de Quito, así como en la aplicación de técnicas geofísicas para el estudio y caracterización de estructuras geológicas. Es el autor principal de “Profiling the Quito basin (Ecuador) using seismic ambient noise” (*Geophysical Journal International*, 2022) y ha sido coautor de varios artículos científicos publicados en revistas académicas.

Luis Pilatasig Moreno. Magíster en Geología Minera por la Universidad de Exeter (Reino Unido de Gran Bretaña). Docente investigador en la Universidad Central del Ecuador. Sus investigaciones se enfocan en el mapeo

geológico estructural regional, mapeo a detalle con énfasis en deformaciones cuaternarias y la evaluación de amenazas geológicas con énfasis en movimientos en masa. Ha sido funcionario de la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables y el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, donde ha desempeñado funciones de supervisor, director, coordinador y autor/coautor de varios estudios sobre geología, recursos minerales y amenazas geológicas. Como director Nacional de Geología (encargado), fue responsable nacional administrativo-técnico de la ejecución del Proyecto Multinacional Andino Geociencia para las Comunidades Andinas, cofinanciado por la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional. Contraparte Nacional Senior y Junior en el Levantamiento Geológico de los Mapas V (0° – 1° N) y III (1° S – 2° S) del Programa de Información Cartográfica y Geológica de la Cordillera Occidental (Proyecto de Desarrollo Minero y su Control Ambiental), ejecutado por la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica y el Servicio Geológico Británico. Autor y coautor de varios artículos publicados en revistas científicas y en revistas universitarias o gremiales, indexadas y no indexadas.

Carlos Santiago Robles Romero. Magíster en Gestión del Riesgo de Desastres por la Universidad Andina Simón Bolívar (Ecuador) e ingeniero geógrafo en Gestión Ambiental por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Analista de políticas y estándares en la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos desde marzo de 2022. Su experiencia técnica abarca la evaluación e implementación de lineamientos para la gestión del riesgo en planes de desarrollo territorial y GAD municipales/metropolitanos, así como el soporte técnico en la actualización de instrumentos de planificación territorial, incluyendo sistemas de alerta temprana y el Plan Nacional para la Reducción de Riesgos en Ecuador. En 2019, participó con el poster científico “Análisis de riesgos por deslizamientos en la Administración Zonal Los Chillos: estrategias de prevención y mitigación”, en el XVII Encuentro de Geógrafos de América Latina, en Quito.

Esthela Elizabeth Salazar Proaño. Doctor en Geografía por la Pontificia Universidad Católica de Chile, con mención honorífica, investigadora invitada por la Universidad Twente (Países Bajos), profesora titular de la Universidad de las Fuerzas Armadas, en la carrera de Ingeniería Geográfica e Ingeniería Geoespaciales desde 2010. Sus líneas de investigación son la metropolización, crecimiento urbano, rural y manejo de recursos naturales con base en Sistemas de Información Geográfica. Tiene experiencia como asesora en planificación territorial y ambiental en el sector público por 15

años. Docente e investigadora invitada en universidades latinoamericanas. Cuenta con artículos indexados en revistas europeas.

Diana Andrea Salazar Valenzuela. Magíster en Ciencias Humanas y Sociales, mención en Territorios, Sociedades, Ordenamiento y Desarrollo; especialidad en Gestión de Catástrofes y Riesgos Naturales por la Universidad Paul Valéry 3 (Francia). Su experiencia profesional abarca el diseño e implementación de políticas públicas, lineamientos y estándares para el desarrollo local y nacional, que incorporan la gestión de riesgos de desastres, proyectos de implementación de sistemas de alerta temprana y resiliencia educativa, entre otros. Lideró y aportó para la construcción de varios instrumentos estratégicos para la gestión de riesgos de desastres, entre los que destacan la Agenda Nacional de Investigación en Gestión de Riesgos (2021), los Lineamientos para la Gobernanza de la Gestión de Riesgos en los GAD Municipales (2022) y el Plan Nacional para la Reducción de Riesgos (2023).

Pablo Samaniego. Doctor en Ciencias de la Tierra, especialidad Vulcanología-Geoquímica, por la Universidad Blaise Pascal (Clermont-Ferrand). Investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo (Francia), adscrito al Laboratorio Magmas y Volcanes (Clermont-Ferrand, Francia). Después de obtener su doctorado, trabajó en el Instituto Geofísico (Escuela Politécnica Nacional, Quito), donde fue jefe del equipo de Vulcanología. Es especialista en volcanismo y magmatismo de zonas de subducción, con énfasis en la reconstrucción de la cronología eruptiva y en la evolución petrogenética de los volcanes de arco. Tiene alrededor de 25 años de experiencia en el estudio y la evaluación de los peligros asociados con los volcanes andinos, especialmente en Ecuador y Perú. Es autor o coautor de más de 65 artículos en revistas científicas internacionales, así como de más de 12 mapas de peligros volcánicos. Entre sus trabajos se incluyen artículos relacionados con la evolución volcanológica del complejo volcánico Pichincha y el mapa de peligro de este volcán.

Alfredo Santillán. Doctor en Estudios Sociales por la Universidad Externado de Colombia. Profesor-investigador de FLACSO-Ecuador. Líneas de investigación en antropología urbana, segregación socioespacial, imaginarios urbanos, estudios sonoros. Trabaja en el cruce entre la investigación académica y la producción audiovisual, a través de *podcasts* y mapas sonoros. Autor del capítulo “Imaginaires and Archetypes on the Death of the City”, del libro *Urbicide. The Death of the City* (Springer, 2023).

Elisa Sevilla. Doctora en Ciencias Sociales por FLACSO-Ecuador, con una tesis de historia y sociología de la ciencia. Profesora de Historia de la Universidad San Francisco de Quito. Su investigación aborda el problema del

poder y la circulación de la ciencia desde la historia, la curaduría y el trabajo interdisciplinario. Es co-líder para Quito de la red internacional Tomorrow's Cities Hub para la reducción del riesgo de desastre en las ciudades del futuro, financiada por UKRI GCRF. Ha dirigido varias exposiciones en museos sobre este tema, así como la plataforma educativa digital "reducir riesgos en Quito". Entre sus últimas publicaciones destaca el artículo "Envisioning the future, by learning from the past: arts and humanities in interdisciplinary tools for promoting a culture of risk" (*International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2023).

Francisco J. Vasconez. Doctorante en Ciencias de la Tierra por la Universidad de Bristol (Reino Unido). Responsable de Cartografía en el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, desde 2013. Sus investigaciones incluyen el modelamiento numérico de fenómenos volcánicos, especialmente flujos de lodo y escombros, y el desarrollo de metodologías para la vigilancia volcánica con imágenes satelitales. También trabaja activamente en la evaluación del peligro volcánico. Ha participado en la elaboración de los mapas de peligro del volcán Cotopaxi y es el autor de los artículos "Evidence of destructive debris flows at (pre-) Hispanic Cayambe settlements, Ecuador" (*Quaternary International*, 2022) y "A Near Real-Time and Free Tool for the Preliminary Mapping of Active Lava Flows during Volcanic Crises: The Case of Hotspot Subaerial Eruptions" (*Remote Sensing*, 2022).

Marcelo Yáñez. Magíster en Desarrollo Regional y Planificación Territorial por la PUCE; ingeniero geógrafo y del Medio Ambiente de la ESPE. Laboró en la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda del DMQ, en la realización de Planes Parciales de Ordenamiento Territorial, Plan de Uso y Ocupación del Suelo. Técnico especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Ordenamiento Territorial. Encargado de coordinar y mantener la base Geográfica y Estadística de la Secretaría y posteriormente coordinador de la Unidad de Estudios y Estadística. Especialista en SIG y ordenamiento territorial para la propuesta del Plan de Uso y Gestión del Suelo en el Municipio de Mejía y Machala. Encargado de la cartografía y monitoreo de levantamiento de información en Fundación ALDEA. Colaboró como profesor de Métodos de Investigación Socio Espacial en FLACSO y formó parte del equipo de apoyo para la investigación en la cooperación científica y técnica IRD-MDMQ.

Pablo Zapata. Ingeniero agrónomo por la Universidad Central del Ecuador; ha efectuado estudios de postgrado como especialista en Gestión y Gobernanza Territorial del Instituto de Altos Estudios Nacionales; especialista en Liderazgo, Ciudades y Cambio Climático de FLACSO-Ecuador; egresado de la

Maestría en Estudios de la Ciudad de FLACSO-Ecuador. Cuenta con 20 años de experiencia como funcionario municipal de carrera, enfocando su actividad en la gestión ambiental urbana y el desarrollo territorial en la Administración Zonal La Delicia, del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Actualmente se desempeña como jefe de Microcuencas Hidrográficas en la Secretaría de Ambiente del Municipio, donde apoya en la generación de políticas públicas para fortalecer el Sistema Verde-Azul en el DMQ, garantizar la protección de sistemas hídricos a nivel urbano y rural, incorporar el enfoque de gestión de riesgos y fomentar la resiliencia al cambio climático.

Othon Zevallos Moreno. Magíster en Ciencias por la Universidad Estatal de Colorado, mención en Hidrología e Ingeniería de Ríos; ingeniero Civil, especialización Hidráulica de la Escuela Politécnica Nacional. Fue profesor principal en el Departamento de Hidráulica de la EPN entre 1981 y 1997. En materia de gestión de riesgos, como miembro de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, participó en los proyectos de investigación: Elaboración de la base de datos DesInventar-Ecuador y Gestión de riesgos de desastre ENSO en América Latina. Ha sido expositor en numerosos eventos científicos y de ingeniería. Ha escrito más de 30 artículos sobre temas de hidráulica, hidrología, recursos hídricos, gestión de riesgos, agua y saneamiento. Ha sido consultor para entidades como el BID, BDE, CEPREDENAC, ENACAL (Nicaragua), MVCS (Perú), INAPA (República Dominicana). Ha sido gerente General de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito en dos ocasiones: 2009-2014 y 2021-2023.

