

LINE
BIERTA

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 francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), 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 veinte 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 autoras 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

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.

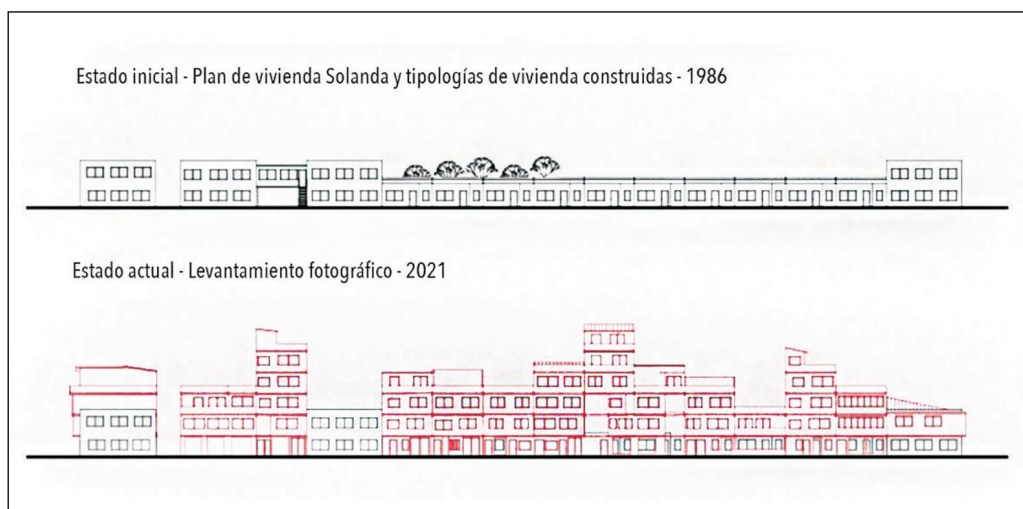
Solanda, del plan de vivienda social al crecimiento no planificado

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.

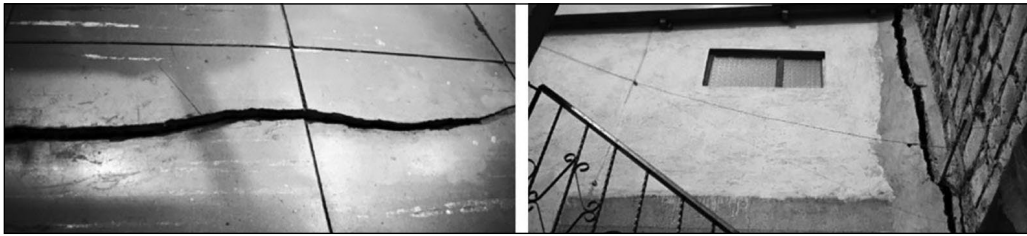
Actualmente, la mayoría de las viviendas originales, o lo poco que queda de ellas, no son visibles desde el exterior; las construcciones se elevan hasta seis pisos, cuando en la planificación original eran de dos pisos y la altura máxima es de cuatro según la normativa vigente (figura 8.1). El barrio 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



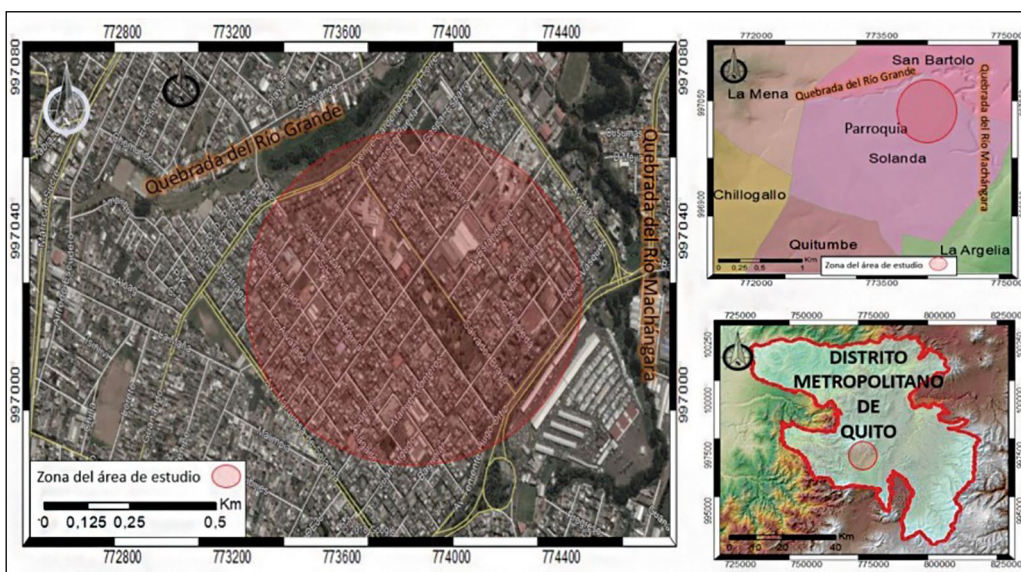
Fuente: Ciudad Modelo; Rivas y Ramón (2018).

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.

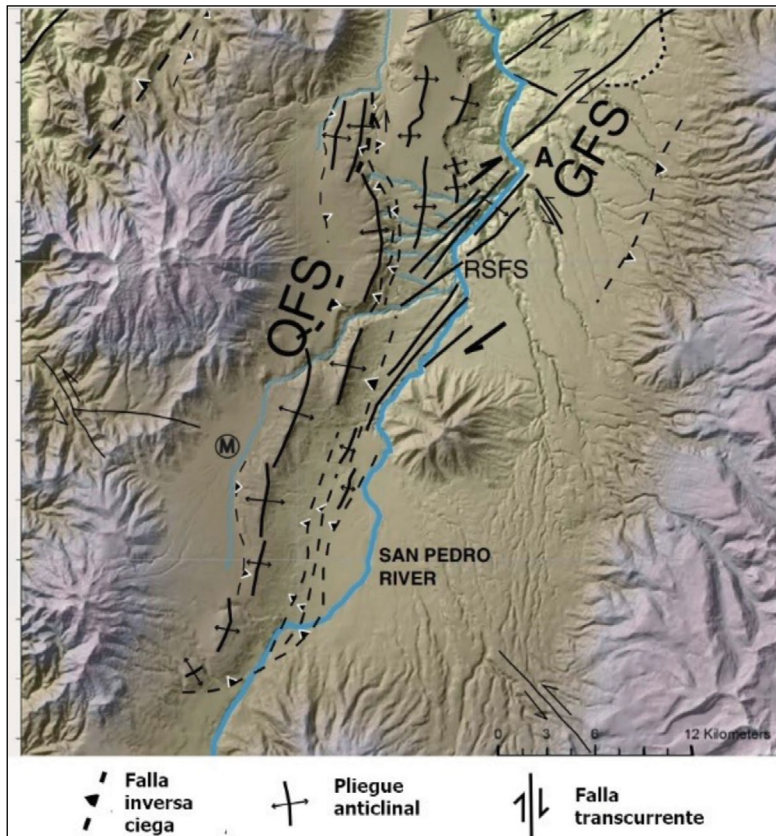
Esta región del Ecuador, morfológicamente la región occidental del valle Interandino, constituye un valle levantado con respecto a la región oriental relacionada con los valles de Los Chillos y Tumbaco. Desde el punto de vista tectónico, esta región está localizada entre el sistema de fallas Pallatanga-Pujilí-Calacalí,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

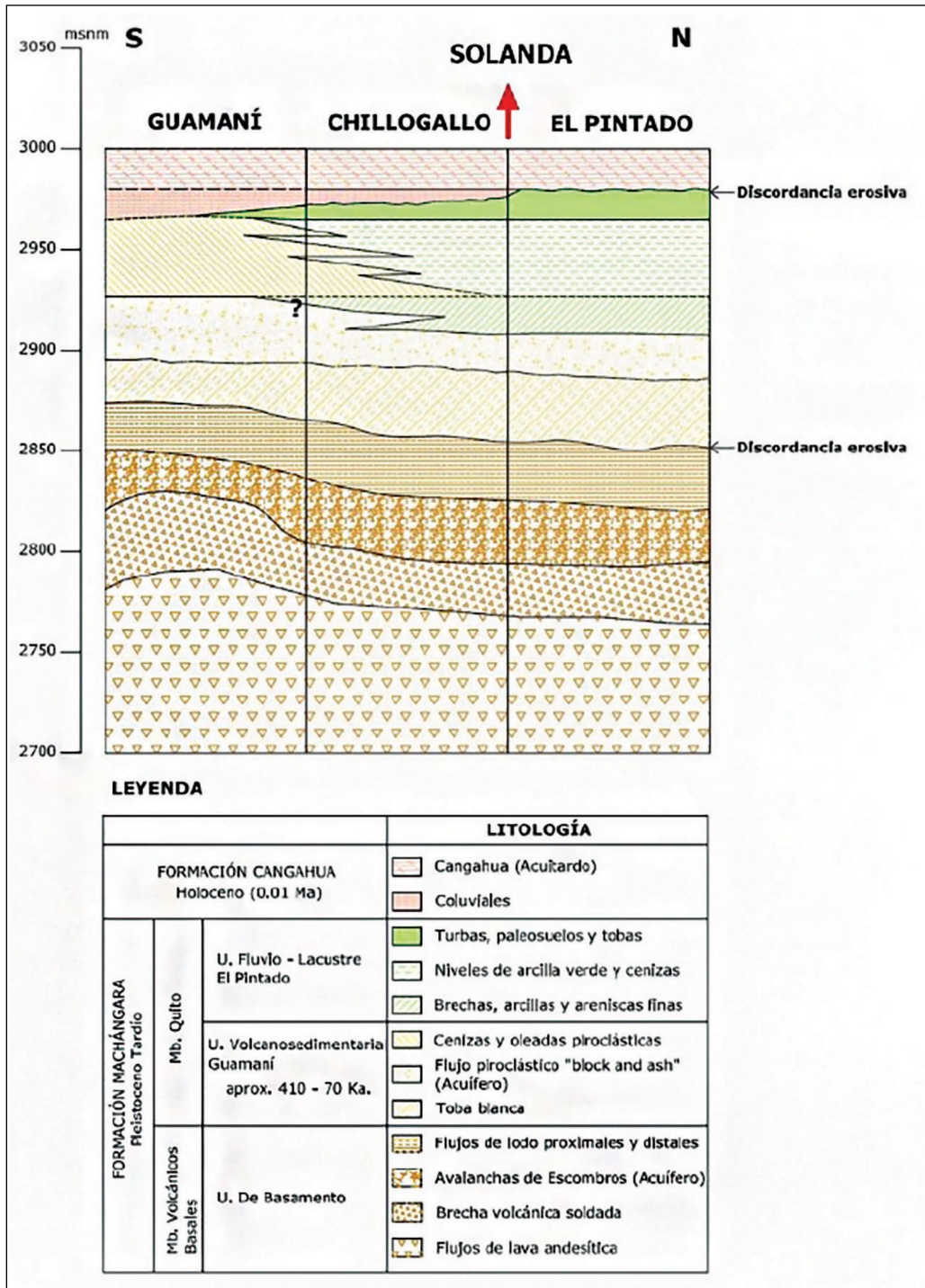
En la zona sur entre El Panecillo y la zona de Guamaní, la sucesión litológica corresponde a depósitos de avalancha de escombros, flujo de lodo, flujo piroclástico, ceniza, oleada piroclástica, brecha, arcilla, arenisca, turba, paleosuelo, toba, coluvial y cangahua (figura 8.4), niveles incluidos en 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 (Peñañiel 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. Peñañiel (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 (acuifero 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.

Referencias

- 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.