

## Análisis de riesgo en áreas urbanas ante una amenaza volcánica: Caso ciudad de Latacunga

Risk analysis in urban areas threatened by volcanic activity: Latacunga city case

DOI: 10.20868/tf.2021.19.4793

**Johana Paola Calles Ortiz\***

Avance de tesis doctoral: 12.05.2021

Directores: Emilia Román López, Gustavo Romanillos

### Resumen

Este artículo forma parte de un estudio más amplio enfocado en la gestión del riesgo de desastres y su relación con las áreas urbanas. Distintas ciudades del mundo se ven afectadas de manera reiterada por la ocurrencia de eventos de origen natural como erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos o terremotos, visibilizando la vulnerabilidad de estos territorios y el riesgo al que se expone la población. En este contexto, a partir de un análisis espacial, mediante el uso de información geográfica, se estudia la afectación del área urbana de la ciudad de Latacunga en el caso de la posible erupción del volcán Cotopaxi. Los resultados obtenidos demuestran que los lahares conducidos por el río Cutuchi afectarían al 68% del área urbana, ocasionando daños a equipamientos e infraestructura. Evidenciando así, la necesidad de conocer de manera integral la amenaza, para utilizar adecuadamente los recursos de preparación y respuesta ante una emergencia o desastre.

### Palabras clave

Gestión del riesgo de desastres, amenazas naturales, escenario de riesgos, volcanes Ecuador, ciudades vulnerables.

### Abstract

*This article is part of the larger study focused on disaster risk management and its relationship with urban areas. Different cities in the world are repeatedly affected by the occurrence of events of natural origin such as volcanic eruptions, floods, landslides or earthquakes, making visible the vulnerability of these territories and the risk to which the population is exposed. In this context, based on a spatial analysis, through the use of geographic information, the impact of the urban area of Latacunga city in the case of the possible eruption of the Cotopaxi volcano is studied. The results obtained show that the lahars carried by the Cutuchi River would affect 68% of the urban, causing damage to equipment and infrastructure. Thus evidencing the need to understand the threat in a comprehensive manner, to properly use the resources of preparation and response to an emergency and disaster.*

### Keywords

*Disaster risk management, natural threats, risk scenario, Ecuador volcanoes, vulnerable cities.*

---

\* **Johana Paola Calles Ortiz** es alumna de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

jp.calles@alumnos.upm.es

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8619-3787> (Johana Paola Calles Ortiz)

## **1. Introducción**

Para situarnos en el contexto geográfico de esta investigación, Ecuador se encuentra atravesado por el Cinturón de Fuego del Pacífico que se caracteriza por presentar una marcada agrupación de zonas de subducción de gran importancia, lo que lo expone a múltiples amenazas que podrían derivar en emergencias y desastres, afectando a varios sistemas y principalmente involucrando a centros poblados consolidados. (D'Ercole & Trujillo, 2003).

En el país, a lo largo de los años se han producido una serie de emergencias y desastres que han ocasionado problemas sociales, económicos y ambientales en las diferentes ciudades ecuatorianas, frenando su desarrollo y progreso. En este sentido, para entender mejor el amplio panorama de la gestión de riesgos de desastres vinculada a las áreas urbanas, este estudio pone el foco en las amenazas naturales de tipo volcánico, considerando para ello que *“la amenaza o peligro se concibe como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas.”* (Federico, Lagos, & Hidalgo, 2010:4).

Es conocido que el riesgo volcánico es uno de los mayores peligros que amenaza al país. Ecuador continental e insular se caracteriza por la presencia de varios volcanes activos, algunos de ellos actualmente en proceso de erupción. En el año 2015, se reactivó el volcán Cotopaxi, considerado un estratovolcán compuesto, que posee una altura de 5.897 metros y que tiene erupciones devastadoras aproximadamente cada siglo, siendo la última en el año 1.877. Este episodio con importantes señales de reactivación, ha generado preocupación en la población que habita en sus cercanías y en los técnicos y científicos encargados de monitorizar el volcán y los cambios en su comportamiento. El volcán Cotopaxi, al igual que otros en el mundo, como el Nevado del Ruiz en Colombia, posee un casquete glacial de grandes proporciones, por lo que el riesgo de lahares es inminente, lo que provocaría consecuencias catastróficas como la ocurrida en el año 1.985 en la ciudad de Armero (Carracedo, 2015), por lo que es relevante considerar experiencias pasadas en contextos geográficos similares y evaluar posibles escenarios de riesgos.

En este contexto, se realiza un análisis espacial de afectación del área urbana de la ciudad de Latacunga ante la posible erupción del volcán Cotopaxi. Para tales efectos, se destaca que la vulnerabilidad frente a la ocurrencia de desastres puede ser medida tomando en consideración diferentes elementos como: la infraestructura, los servicios sociales y públicos, los sectores de la economía. Por consiguiente, se identifica en el área de estudio los equipamientos sanitarios, educativos, de servicios y edificios administrativos que se verían comprometidos en caso de una erupción. Cabe mencionar que, para el análisis, se eligió como unidad espacial básica el centro urbano de la ciudad de Latacunga, que es la cabecera cantonal de la provincia de Cotopaxi, ya que constituye una jurisdicción apropiada para analizar esta amenaza.

En consecuencia, se parte del método de estudio de caso de tipo cualitativo, mediante un análisis espacial descriptivo de afectación por posibles lahares, utilizando información geográfica abierta de organismos públicos del Estado como la Secretaría Nacional de Información de Ecuador (SNI), Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), Instituto Geográfico Militar (IGM) y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), estos datos geoespaciales son tratados y analizados en el software ArcGIS. Una parte fundamental de la información geográfica está basada en el método LAHARZ, creado por el científico Steve Schilling que describe las áreas afectadas por posibles lahares en el cono sur del volcán Cotopaxi, este método ha sido parte de diferentes estudios

en otros países. Así también, se analizan elementos puntuales en el área urbana seleccionada para identificar el nivel de afectación, siendo imprescindible el trabajo de campo.

Con este análisis espacial que evidencia la afectación de más de la mitad del área urbana de la ciudad de Latacunga, se busca tener una perspectiva e idea más clara y real de la peligrosidad de un fenómeno natural de tipo volcánico, considerando como punto de partida que *“el conocimiento del peligro deriva de estudios que caracterizan el comportamiento de amenazas naturales, en términos de su magnitud, recurrencia y posibles impactos”* (Federico, Lagos, & Hidalgo, 2010:4). Merece la pena recalcar que la última erupción de gran magnitud del volcán Cotopaxi se produjo hace más de 150 años y, evidentemente en donde se ha manifestado un tipo de amenaza natural, con el tiempo volverá a suceder, para ello es necesario tomar acciones que minimicen los riesgos y garanticen la seguridad de la población, conociendo a fondo todas las amenazas naturales a las que se expone un determinado territorio y analizando los posibles impactos en caso de un eventual suceso.

## 2. Metodología

La investigación está enfocada en analizar un escenario de riesgos ante la posible erupción del volcán Cotopaxi que se localiza a 35 kilómetros del centro urbano de la ciudad de Latacunga. Para estimar la afectación en el territorio a causa de los lahares provenientes del volcán, se utiliza la información disponible de la SNI, IG-EPN, IGM y SNGR. Estas entidades oficiales facilitan información abierta, que en este caso ha sido tratada con la herramienta de información geográfica ArcGIS. Asimismo, se han determinado unos elementos puntuales de análisis para identificar la afectación en el área urbana seleccionada, para ello, se ha elegido la metodología de estudio de caso, método cualitativo, que ha permitido, observar, describir y evaluar la posible afectación por lahares mediante un análisis espacial y la observación directa del área urbana de estudio con un amplio trabajo de campo.

Así, en primera instancia al tratarse este estudio de un análisis de riesgo que incluye una amenaza natural de tipo volcánico, para la estimación de los lahares y sus distancias, se utilizó información geográfica abierta creada a partir del método instaurado por el científico Steve Schilling del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), que desarrolló el software LAHARZ, que consiste en modelizaciones matemáticas mediante las cuales se identificaron las zonas con mayor posibilidad de afectación por inundaciones de lahares en el cantón, considerando las trayectorias de los principales afluentes. (Ordóñez, Samaniego, Mothes, & Schilling, 2013), esta información está disponible en el portal de la Secretaría de Gestión de Riesgos de Ecuador.

Es conveniente puntualizar, que las distancias de los lahares se mantienen en rangos amplios que van desde los 500 a más de 1.000 metros a cada lado del río Cutuchi, principal afluente desde el volcán. Se considera, además, que las marcadas diferencias en algunos tramos, dependen de las pendientes del terreno en determinadas zonas. Por otra parte, se establecen zonas aledañas a los lahares, que deben evacuar por seguridad, esto considerando en gran medida la topografía del territorio.

Con esta consideración, se detalla el proceso llevado a cabo para determinar la posible afectación por lahares en el área urbana de la ciudad de Latacunga:

- a) Delimitación del área de estudio para el análisis de afectación considerando únicamente el centro urbano del cantón Latacunga, caracterizado por la consolidación de vivienda y la agrupación de equipamientos y servicios. Este área consta de 564,40 ha y es el centro urbano que presenta mayor vulnerabilidad ante la posible erupción del volcán Cotopaxi (Figura 1).
- b) Selección del principal afluente del cono sur del volcán, en este caso el río Cutuchi, considerado el más caudaloso y que atraviesa el área de estudio de norte a sur, se estima que los lahares lleguen a través de éste en 30 minutos (Figura 1).

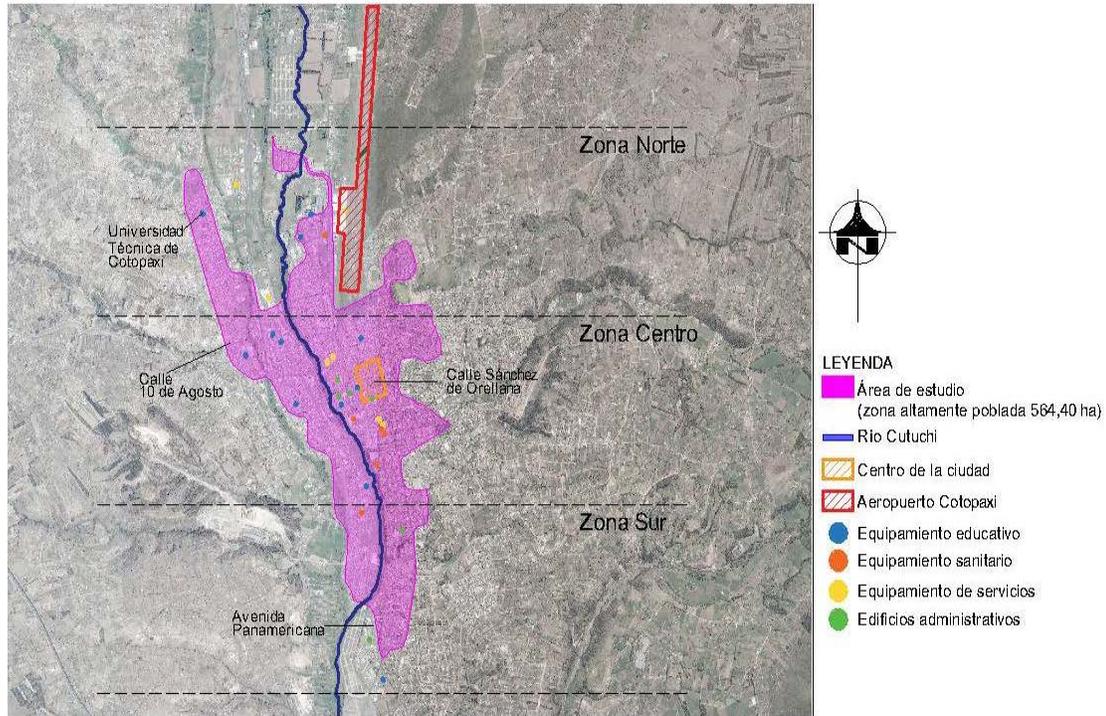


Figura 1: Mapa del área de estudio (centro urbano del cantón Latacunga)

Fuente: Elaboración propia a partir de información geográfica de (SNI, IG-EPN, IGM, SNGR, 2020).

- c) Identificación y cuantificación de las áreas afectadas por lahares, utilizando información geográfica abierta de la SNI, IG-EPN, IGM y SGR, para la elaboración de los mapas temáticos y de afectación mediante el empleo de herramientas de geoprocésamiento del software ArcGIS.
- d) Identificación en el área de estudio de los equipamientos afectados por posibles lahares, éstos se clasifican en cuatro grupos: equipamiento educativo (escuelas, colegios y universidades públicas y privadas de más de 500 estudiantes), equipamiento sanitario (hospitales básicos y generales de atención pública y privada), equipamiento de servicios y edificios administrativos. Para la ejecución de este punto se realizó un trabajo de campo y un posterior mapeo.

### 3. Estado de la cuestión

Ecuador se caracteriza por ser un país con multiamenazas por su ubicación en el continente y su contexto geográfico, lo que ha ocasionado con el paso de los años una serie de emergencias y desastres en varios puntos del territorio, los mismos que han generado un sinnúmero de impactos en las áreas urbanas y su población.

Una de las amenazas más conocidas en el país son las volcánicas, Ecuador continental tiene alrededor de 84 volcanes, cuatro de ellos se encuentran activos (Cotopaxi, Tungurahua, Pichincha y Cayambe) y dos en erupción (Reventador y Sangay) (Figura 2). La mayoría de estas estructuras geológicas están situadas en la zona central de país, por esta razón se considera que:

*“La mayor parte de las poblaciones de la Sierra Centro-Norte se encuentran asentadas a menos de 25 km de un volcán activo en el Valle Interandino, en zonas ya afectadas en el pasado por erupciones volcánicas (por ejemplo, Quito, Valle de Los Chillos, Latacunga-Salcedo, Cayambe, Ibarra, Otavalo, Ambato, Riobamba, Baños)”* (SGR/ECHO/UNISDR, 2012:71).

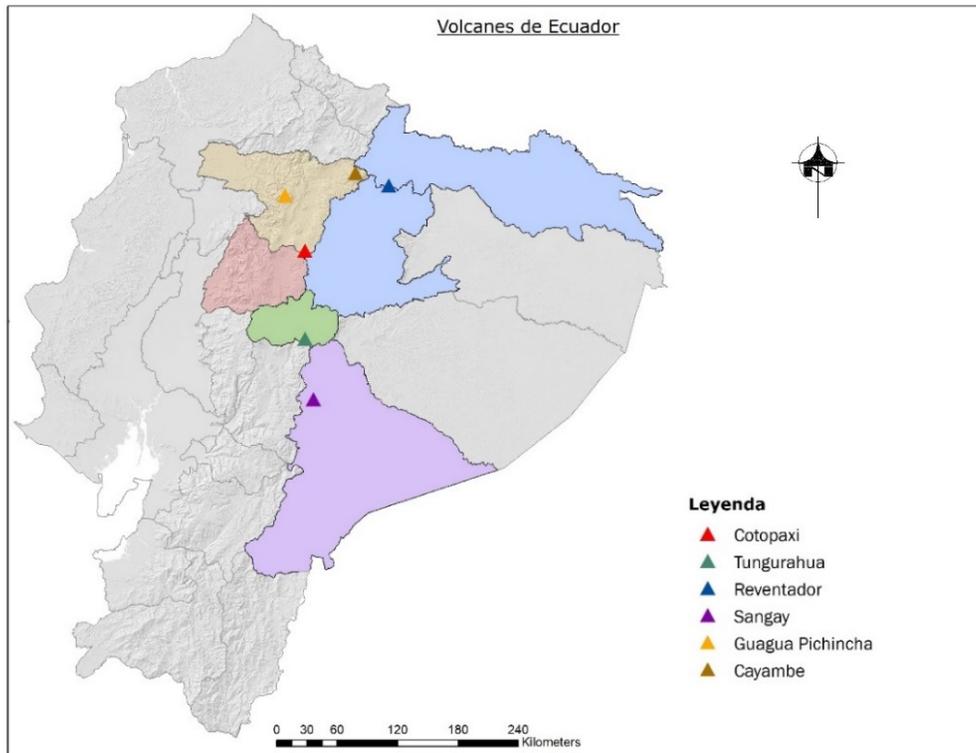


Figura 2: Volcanes activos y en erupción más importantes de Ecuador

Fuente: Elaboración propia a partir de información geográfica de (SGR/ECHO/Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), 2012). Cartografía Temática IGM.

En una erupción, dependiendo su magnitud intervienen varios fenómenos volcánicos, entre ellos lluvia de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lava, sismos volcánicos y lahares. Esta investigación se enfoca en una posible afectación por la presencia de *lahares* en un área urbana, este término nace en Indonesia y describe el flujo resultado de la mezcla caliente o fría de agua combinada con fragmentos de roca que discurre por los flancos de los volcanes y valles.

*“Los lahares más frecuentes y devastadores se producen en los estratovolcanes sálicos, que suelen tener suficiente altura para estar permanentemente cubiertos de nieve y cuyas erupciones son en su mayoría explosivas. A título de ejemplo, el Nevado del Ruiz (Colombia 1985) o el Mount Saint Helens (EE.UU, 1980), produjeron lahares por una erupción moderada que fundió súbitamente parte del casquete del hielo que coronaban los edificios volcánicos” (Carracedo, 2015:70).*

En relación con lo descrito anteriormente y para centrar la investigación, ubicado en la Cordillera de los Andes, el volcán Cotopaxi es considerado uno de los estratovolcanes activos más peligrosos del mundo por sus características y su historia geológica. En Ecuador, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) ha llevado la batuta en las investigaciones especializadas sobre la magnitud, la distribución y las trayectorias de los lahares que se han producido en erupciones pasadas. En las últimas décadas, la gestión del riesgo de desastres tomó fuerza en el país y se instauró a través de instituciones técnicas encargadas de llevar a cabo planes y programas operativos con el objetivo de fortalecer la preparación y respuesta ante la ocurrencia de eventos adversos.

Es así, que para el período 2006-2011, se desarrolló un proyecto que consistió en realizar modelizaciones de lahares en el drenaje sur del volcán, para lo cual, se invitó al creador del software LAHARZ, el Dr. Steven Schilling. Este estudio permitió delimitar zonas que podrían ser afectadas por inundaciones de lahares que serían conducidos a través de los principales sistemas fluviales al sur del cono volcánico. (Ordóñez, Samaniego, Mothes, & Schilling, 2013). Esta información permitió a la población vulnerable de las áreas cercanas al volcán y al resto del país tener un acercamiento general sobre los peligros asociados a una posible erupción del volcán Cotopaxi. Cabe mencionar que, este método considerado un módulo de un Sistema de Información Geográfica fue aplicado con éxito en varias simulaciones para la prevención de los lahares en otros países con realidades similares a la nuestra, como es el caso del volcán Popocatépetl (Huggel, y otros, 2008), y el Colima (Dávila, y otros, 2007) localizados en México, entre otros.

Con este antecedente, a raíz de la reactivación del volcán Cotopaxi en el año 2015 y, conociendo de antemano que en caso de una posible erupción, los lahares llegarían en pocos minutos a la ciudad de Latacunga por uno de los principales afluentes que es el río Cutuchi (Andrade, y otros, 2005), el presente estudio manifiesta la posibilidad de mostrar un acercamiento más específico a un área urbana que podría estar afectada por los lahares provenientes del volcán, lo que incluye identificar equipamientos de diferentes tipos, mostrando de esta manera el impacto de afectación en equipamientos que deberían funcionar incluso como elementos de primera línea en la respuesta a una emergencia o desastre, como es el caso de los equipamientos sanitarios.

Como preámbulo a iniciar el análisis espacial del caso de estudio y, con el propósito de entender realidades diferentes con el paso de los años y dimensionar las consecuencias por la presencia de lahares en una posible erupción del volcán Cotopaxi, se plantea una línea de tiempo (Figura 3) presentando los episodios eruptivos registrados desde 1.532 hasta 2015, siendo este último el año de su reactivación.



Figura 3: Línea de tiempo erupción volcán Cotopaxi (periodo histórico hasta su reactivación)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Andrade, y otros, 2005:23, 24, 25, 26, 27,28)

### 3.1. Análisis del caso de estudio

#### 3.2. Escenario de riesgo ante la posible erupción del volcán Cotopaxi

En esta investigación se pretende identificar la afectación en el área urbana de la ciudad de Latacunga ante la posible erupción del volcán Cotopaxi, considerando que la última de gran magnitud se remonta hace casi 150 años. Es fundamental mencionar que, en 1.877 la ciudad fue destruida casi en su totalidad por la presencia de lahares, formados a partir del derretimiento parcial del glacial y flujos de lodo, piedras y escombros provenientes del volcán. En ese tiempo, la mayoría de la población vivía en zonas rurales formando asentamientos dispersos, es decir, el área urbana tenía pocos habitantes, de los cuales no existe un registro exacto.

La realidad es muy diferente en la actualidad ya que, en el área urbana de la ciudad que está considerada en este caso como la unidad espacial de estudio, viven al menos 63.842 personas y muchas de ellas en zonas de riesgo, lo que supone un peligro inminente en caso de la ocurrencia del evento eruptivo.

### **3.3. Relación del volcán Cotopaxi con la ciudad de Latacunga (análisis particular de riesgos)**

La ciudad de Latacunga se localiza a 35 Km del volcán Cotopaxi. Uno de los principales ríos que la atraviesa es el Cutuchi, el mismo que se alimenta de los deshielos del volcán y sería el principal afluente en caso de presentarse una erupción volcánica. Se muestra un mapa a escala territorial (Figura 4), incluyendo los fenómenos volcánicos.

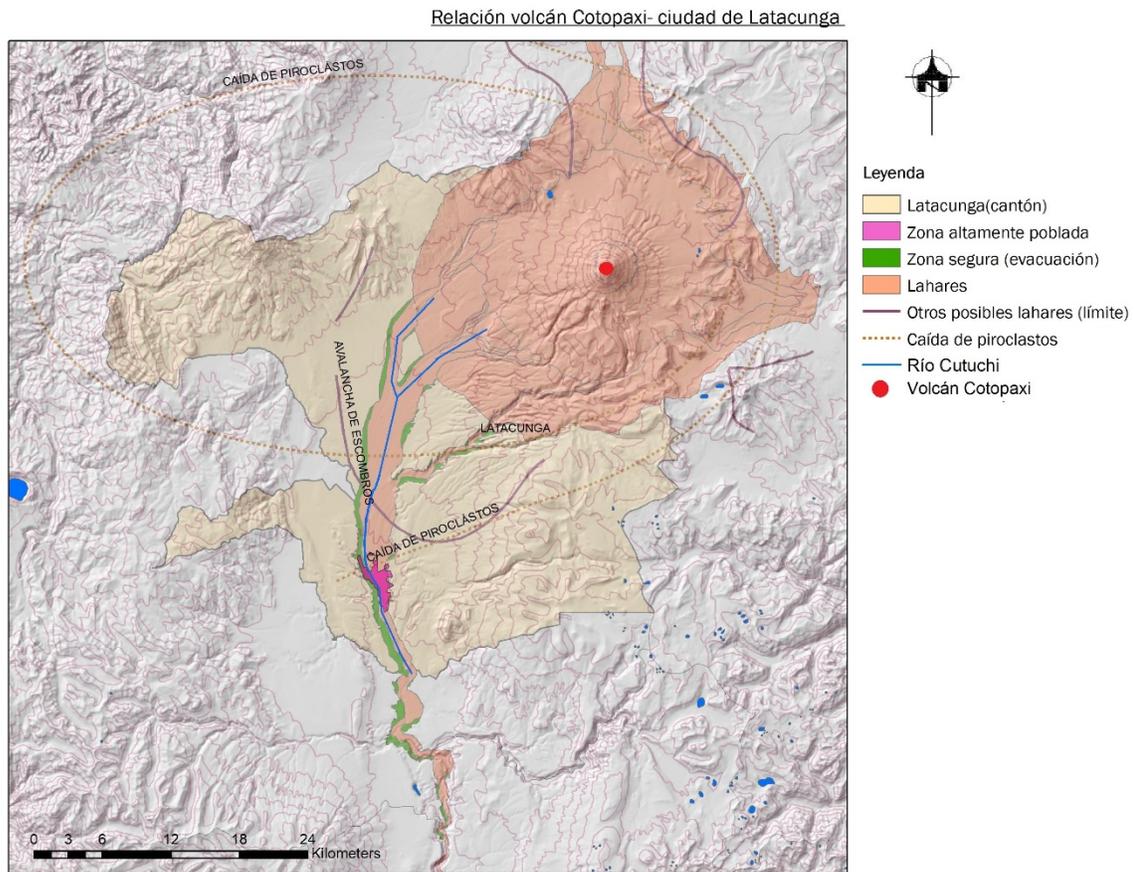


Figura 4: Relación volcán Cotopaxi con Latacunga: Escala territorial

Fuente: Elaboración propia a partir de información geográfica de (SNI, IG-EPN, IGM, SNGR, 2020).

Para acercarnos a la zona urbana de la ciudad de Latacunga e identificar el nivel de afectación, hay que tomar en consideración que ésta se extiende longitudinalmente de norte a sur y desde sus inicios se implantó en las riberas del río Cutuchi, que secciona a la ciudad en dos partes claramente definidas.

Así, en caso de producirse una nueva erupción (Figura 5), los lahares ingresarían por la zona norte a la altura de la Universidad Técnica de Cotopaxi, avanzarían hasta la zona centro, en donde se se

localiza la calle Sánchez de Orellana que corresponde al centro histórico de la urbe, sector de la ciudad que se caracteriza por la presencia de diversos edificios patrimoniales, equipamientos y servicios. Por el lado oeste, los lahares se extenderían hasta la calle 10 de agosto en el sector de San Felipe, zona altamente poblada y en donde se sitúan varias instituciones educativas. Finalmente, por el sector sur, los flujos de lodo y escombros continuarían por la Avenida Panamericana hasta llegar al cantón Salcedo, como se establece en el mapa de afectación general que incluye las tres zonas del área consolidada de la ciudad: norte (A), centro (B) y sur (C).

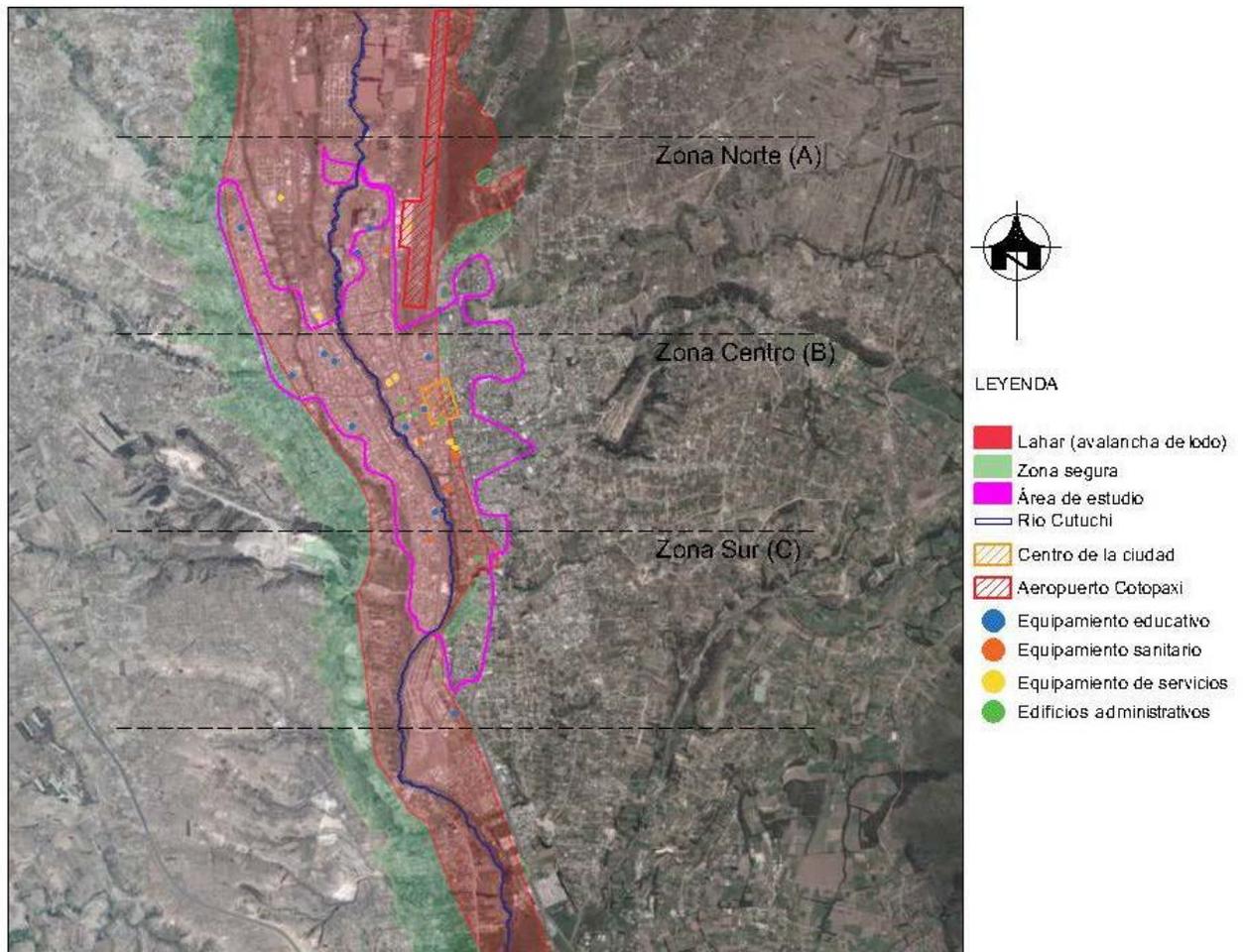


Figura 5: Afectación por lahares ciudad de Latacunga.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Secretaría de Gestión de Riesgos

#### 4. Reflexiones y resultados

Una vez establecida la aproximación al centro urbano de la ciudad de Latacunga con el análisis de afectación por lahares, en caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi, se evidencia que los daños a la vivienda, infraestructura y equipamientos son considerables. Los equipamientos sanitarios, educativos, de servicios y edificios administrativos afectados se describen a continuación:

Equipamientos	Nombre
---------------	--------

Equipamiento Sanitario	Hospital Básico Base Aérea Cotopaxi
	Hospital Básico Clínica Latacunga
	Hospital Básico San Francisco
	Hospital Básico Continental
	Hospital General Provincial
	Hospital IESS Latacunga
Equipamiento Educativo	Unidad Educativa FAE N° 5
	Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
	Universidad Técnica de Cotopaxi
	Unidad Educativa Hermano Miguel
	Escuela Fiscal Ana Páez
	Unidad Educativa Segundo Torres
	Escuela Fiscal Jorge Icaza
	Unidad Educativa Victoria Vásquez Cuví
	Instituto Tecnológico Superior Vicente León
	Escuela Jaime Andrade Fabara
	Unidad Educativa La Inmaculada
	Escuela Club Rotario
Equipamiento de servicios	Centro Comercial Popular
	Mercado Cerrado Latacunga
Otros/edificios administrativos	Centro de Atención Ciudadana Los Rosales
	Bomberos Latacunga
	Fiscalía
	Casa de la Cultura
	Ministerio de Educación
	Prefectura de Cotopaxi
Ministerio de Transporte y Obras Públicas	

Figura 6: Equipamientos/edificios afectados por lahares en Latacunga

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el análisis espacial de afectación realizado (Figura 7), estima que el 68% (384,84 ha) del área urbana de la ciudad se encuentra en zona de riesgo, esto de un total de 564,40 ha (área de estudio) lo que significa que alrededor de 43.412 habitantes están directamente expuestos a los peligros asociados a la posible erupción del volcán Cotopaxi y se encuentran en situación de vulnerabilidad.

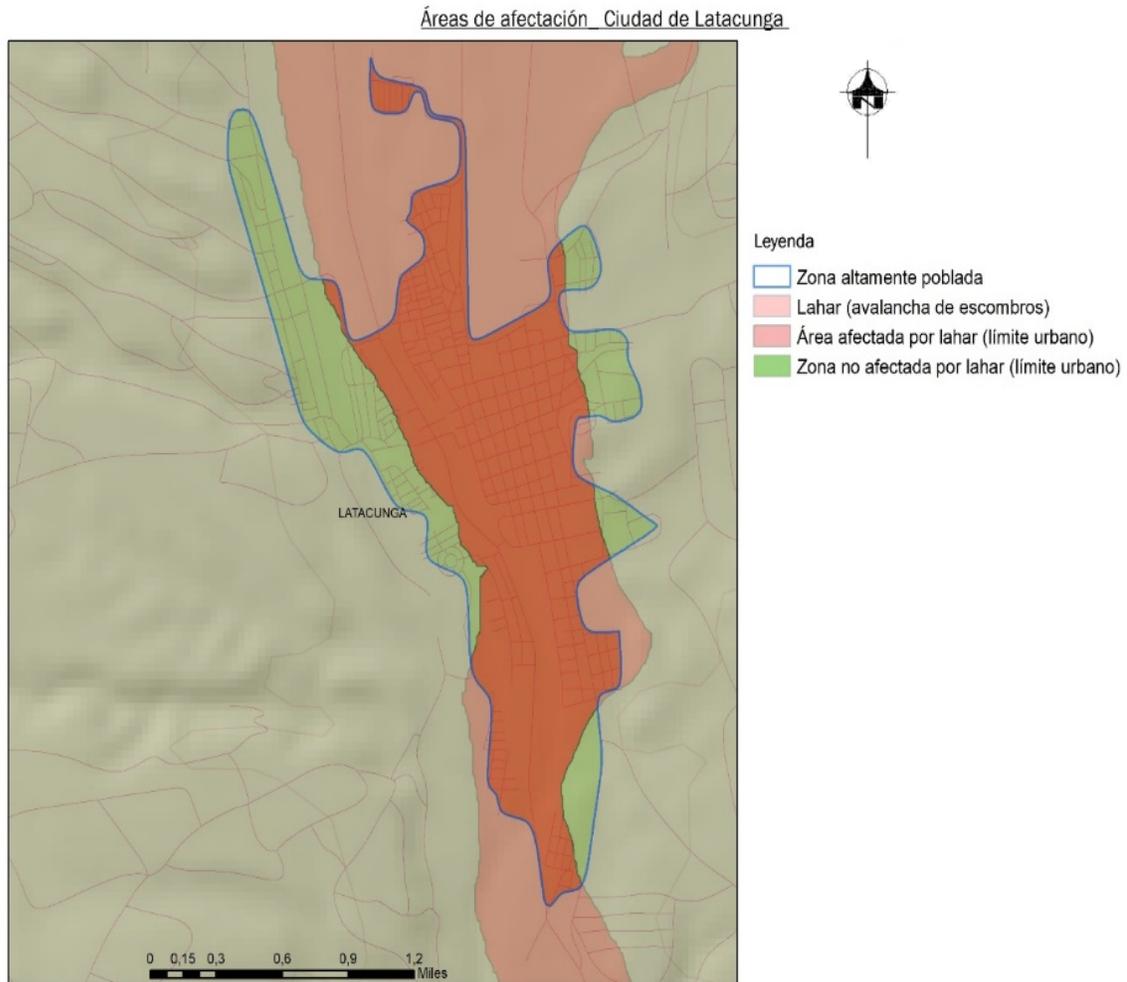


Figura 7: Áreas de afectación.

Fuente: Elaboración propia a partir de información geográfica de SNGR y cartografía temática de SNI, IG-EPN y IGM.

## 5. Conclusiones

La gestión del riesgo de desastres en la planificación territorial debe ser incorporada de manera integral especialmente en países y ciudades con multiamenazas. Para ello, el planteamiento y análisis de los escenarios de riesgo son de vital importancia ya que, permiten tomar decisiones políticas y técnicas acertadas para la reducción de la vulnerabilidad en las áreas urbanas, tomando como punto de partida el conocimiento objetivo de las diferentes amenazas naturales a las que está expuesto el territorio y, los posibles riesgos que representan en caso de producirse una emergencia o desastre.

En caso de una posible erupción del volcán Cotopaxi, el 68% del área urbana de la ciudad de Latacunga se encuentra en zona de riesgo, con una afectación directa a 43.412 habitantes aproximadamente. Así también, se afectarían alrededor de 27 equipamientos de gran importancia para el funcionamiento de la ciudad, entre unidades educativas, mercados, edificios administrativos,

de servicios y hospitales, éstos últimos causando especial preocupación al ser considerados centros de atención de primera línea en la respuesta ante una posible emergencia o desastre (Figura 6-7).

La presencia del río Cutuchi que atraviesa la ciudad de Latacunga de norte a sur, incrementa la vulnerabilidad de la población debido a que, muchas edificaciones se encuentran muy cerca de la ribera del río y se evidencia que el margen de seguridad no ha sido considerado, lo que agudiza el riesgo, sobre todo tomando en cuenta que es el principal afluente directo desde el volcán y por medio de éste llegarían los lahares al área urbana en aproximadamente 30 minutos en caso de producirse una erupción (Figura 5). Cabe mencionar que este elemento natural es un determinante indiscutible en la medición de la vulnerabilidad del área urbana en este caso, debido al inadecuado o nulo manejo de márgenes de seguridad, incluso, se puede extrapolar el riesgo a otro tipo de amenazas naturales como inundaciones y deslizamientos que afecten directamente al área urbana de la ciudad.

## Referencias

Andrade, D., et al. (2005). *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Quito: Corporación Editora Nacional.

Carracedo, J. C. (2015). Peligros asociados a megadeslizamientos y lahares. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23 (1), 66-72.

Dávila, N., Capra, L., Gavilanes-Ruiz, J., Varley, N., Norini, G., & Gómez-Vásquez, A. (2007). Recent lahars at Volcán de Colima (Mexico): Drainage variation and spectral classification. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 160, 99-124.

D'Ercole, R., & Trujillo, M. (Mayo de 2003). HAL archives ouvertes. Obtenido de Amenazas, vulnerabilidad y capacidades y riesgo en el Ecuador: Los desastres un reto para el desarrollo: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01191420/>

Federico, A., Lagos, M., & Hidalgo, R. (2010). Los riesgos naturales en la planificación territorial. Centro de Políticas Públicas UC, Santiago de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/1765/587388.pdf>

Huggel, Huggel, C., Schneider, D., Julio Miranda, P., Delgado Granados, H., & Käab, A. (2008). Evaluation of ASTER and SRTM DEM data for lahar modeling: A case study on lahars from Popocatepetl Volcano, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 170, 86-98.

Ordóñez, J., Samaniego, P., Mothes, P., & Schilling, S. (2013). *Las potenciales zonas de inundación por lahares en el volcán Cotopaxi*. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica, Quito.

SGR/ECHO/UNISDR. (Septiembre de 2012). Ecuador: Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos 2013-2014. 171. Guayaquil: Secretaría de Gestión de Riesgos.