

# Análisis distribucional de riesgo de los atractivos turísticos, por el lahar sur del volcán Cotopaxi

Marcelo Fonseca<sup>a</sup>, Klever Muñoz<sup>a</sup>, Milton Sampedro<sup>a</sup>, Matius Mendoza<sup>a</sup>, Alejandra Rodas<sup>a</sup>, David Almeida<sup>b</sup>, Marcela Almeida<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Escuela de Ecoturismo, Universidad Técnica de Cotopaxi

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública

<sup>c</sup> Centro Educativo Nuevo Mundo

wilson.fonseca@utc.edu.ec, klever.munoz@utc.edu.ec, milton.sampedro@utc.edu.ec, matius.mendoza@utc.edu.ec, daniela.rodas@utc.edu.ec, dalmeida.barona@gmail.com, marcealmeida07@hotmail.com

**Resumen**—El análisis, se planteó desde una perspectiva eminentemente turística para la provincia de Cotopaxi, y busca establecer un escenario sobre las afectaciones que originaría la reactivación y posterior erupción del volcán, en lo cual se estableció la interrogante: ¿Cuáles son los atractivos afectados por la trayectoria del lahar sur? de esta manera, se aplicó el método de geoposicionamiento, que logró relacionar la posición de los atractivos turísticos con los que cuenta oficialmente el inventario del gobierno provincial, y la trayectoria del lahar sur, que es uno de los tres lahares que afectarían al sector, en caso de una erupción. Para obtener la información necesaria se plantearon las siguientes preguntas directrices: ¿Qué categorías de atractivos son afectados? ¿Dónde se encuentran los atractivos afectados? ¿Cuál es la concentración de afectación por trayectoria de los atractivos? Y ¿Cuál es el ponderado de afectación al inventario general, según la jerarquía? Como primera etapa del proceso fue construida la matriz de datos del inventario con un total de 471 atractivos turísticos entre, manifestaciones culturales (290) y sitios naturales (181), en el cual se establecieron 164 datos por cada atractivo, en la segunda etapa se gestionaron los shapes de los riesgos del volcán Cotopaxi de la provincia en la Secretaría de Riesgos (SR), en la tercera y final etapa, mediante la elaboración de tablas y mapas, se cumplieron los objetivos trazados, pudiendo establecer que existirían 33 atractivos que serían afectados por la trayectoria del lahar sur, en las categorías, las manifestaciones culturales serán mayoritariamente afectadas (31 de 33), que Latacunga (23) y Salcedo (10) son los cantones donde se encuentran asentados los atractivos afectados, que la concentración de afectación sería en el área de las parroquias urbanas, y que el peso ponderado positivo de afectación al inventario general es del 8,84.

**Palabras Claves**—Análisis, atractivos turísticos, distribución, lahar, riesgo, shapes, volcán

**Abstract**—The analysis was based on a touristic perspective for the Cotopaxi province seeking to establish a scenario about the effects on the reactivation and subsequent eruption of the volcano. The question asked to conduct the research is which are the tourist attractions affected by the south lahar trajectory? In this way the geopositioning method was applied in order to relate the geographical location of the attractions officially registered in the provincial government inventory and south lahar trajectory. This last is one of three that could affect the area in case of a volcanic eruption. To obtain the main information and conduct the research the following questions were established: Which categories of attractions are affected? Where are those attractions located? Which is the level of affection caused on the attractions located along the lahars trajectory? And which is the global level of affection according to the attractive hierarchy? As a first stage of the process a data matrix was built with a total of 471 tourist attractions, including cultural manifestations (290) and natural

areas (181). On a second stage the shape files of volcanic risk related to the Cotopaxi from the Risk Secretary (SR). On a final stage through the preparation of tables and maps the aim of the research was reached. Defining 33 attractions mainly affected by the south lahar trajectory, from which the cultural manifestations could be mostly affected (31 of 33). Those affected attractions are located on Latacunga (23) and Salcedo (10) cantons mostly distributed along urban parishes. And the positive weighted weight of the general inventory is 8.84.

**Keywords**—Analysis, tourist attractions, distribution, lahar, risk, shapes, volcano.

## I. INTRODUCCIÓN

El planteamiento del estudio sobre la distribución de las afectaciones a los atractivos turísticos, busca ampliar el tratamiento de esta nueva realidad en la actividad turística como efecto de la posible erupción del volcán Cotopaxi (uno de los volcanes glaciales más altos del mundo), y parte de la premisa de establecer ¿Cuáles son los atractivos afectados por la trayectoria del lahar sur? por cuanto el volcán se reactivó, a partir del 14 de agosto del 2015, luego de su última erupción registrada el 26 de junio de 1877, dicha reactivación representan varios riesgos y afectaciones para la población. El origen geológico de la reactivación del volcán Cotopaxi se encuentra en la interacción de subducción de la placa tectónica de Nazca frente a la de América del sur, lo cual da origen a diversos efectos en el suelo, como la reactivación y erupciones de los volcanes de la cordillera de los Andes, realidad actual, que representa diversos riesgos para el medio ambiente, y que no siempre es comunicada y comprendida por parte de las autoridades y la población involucrada (Toulkeridis, 2012)

Los tipos de riesgos identificados son: el flujo de lava, piroplastos, tres Lahares, cada uno con trayectoria a Cotopaxi, Pichincha y Napo y, la ceniza, que cuenta con tres categorías ceniza alta, ceniza media y ceniza baja. Como parte de la trayectoria del lahar sur, existirían flujos de materiales, que se formarían por efecto del descongelamiento de sus glaciares, en caso de una erupción repentina. Según el geo portal de la Secretaria de Gestión de Riesgos el volcán Cotopaxi se encuentra en erupción con la categoría en rojo (SGR, 2018) lo que representa un riesgo cierto para las actividades humanas, que dentro del estudio del área de servicios turísticos, se encontraría ampliamente relacionada al identificarse 471 atractivos turísticos, con 290 Manifestaciones Culturales y 181 Sitios Naturales (GADPCotopaxi, 2015), así se identificó el nivel de afectación al inventario general de la provincia mediante las

siguientes interrogantes:

¿Qué categorías de atractivos son afectados?, ¿Dónde se encuentran los atractivos afectados?, ¿Cuál es la concentración de afectación por trayectoria de los atractivos?, ¿Cuál es el ponderado de afectación al inventario general, según la jerarquía?

El análisis de resultados se basó en, la base datos, las coordenadas de ubicación y los mapas de riesgos, así: En la Sección I se establecen las categorías, tipo y subtipo de atractivos afectados, en la Sección II, se logró identificar la ubicación de los atractivos afectados por cantones y tipo de parroquias (urbanas y rurales), a continuación, en la Sección III se determina la concentración gráfica de afectación desde el cráter del volcán, finalmente, en la Sección IV se calcula el ponderado de afectación al inventario general, según la jerarquía, en relación al número de atractivos afectados.

#### Método

La información recopilada, fue categorizada y analizada desde el campo área y aspectos de cada variable, de esta manera la relación del riesgo por lahares de erupciones del volcán Cotopaxi, se enmarca en el estudio de los volcanes y vulcanismo (Kullerud, 2018), y por otro lado el estudio de los atractivos turísticos, se encuentran en el área de las ciencias sociales y económicos (Turismo.gob, 2018). Las fuentes empleadas fueron: el Inventario de Recursos Turístico, Naturales y Culturales de la Provincia de Cotopaxi, y los Shapes de ubicación de la trayectoria del lahar sur, así fue construida una matriz de vaciado de datos de los 471 atractivos, que luego fueron sobre posicionados en los shapes coordenadas geográficas del lahar sur.

A continuación, se llevó a cabo la organización de tablas y gráficos, y fue posible establecer las respuestas relacionadas a las interrogantes planteadas, considerando las condiciones de la planificación territorial (Soto & Sjöbohm, 2005). Y la relación de los riesgos de los atractivos se logró mediante la elaboración de mapas de riesgos volcánicos (Carracedo, y otros, 2004) en donde se refleja la peligrosidad de este acontecimiento frente a las actividades que se verían afectadas como parte de la actividad turística.

Finalmente, se lograron identificar en condición binomial (Si, No) la afectación de la trayectoria del Lahar sur, y por medio de esta característica, relacionar las demás variables y/o condiciones del inventario. Cabe señalar que el presente artículo no busca relacionarse con estudios sobre las tipologías constructivas o arquitectónicas, o los daños sobre las edificaciones sobre índice estadísticos de vulnerabilidad de la intensidad sísmica (Monfort, y otros, 2011). Así, lo que se estableció el índice de ponderación de afectación al inventario general de atractivos mediante la operación de la jerarquización de los atractivos en cálculo de pesos por determinación de frecuencia relativa simple.

## II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados fueron establecidos en relación con los datos obtenidos, para dar respuesta a las interrogantes de la investigación, por medio de la sistematización de los 471 atractivos, con 164 categorías.

### A. Categorías de atractivos afectados

En la Tabla I se presenta la afectación de los atractivos, donde, destacan mayormente las manifestaciones culturales

(259 de 471), por lo cual no resultado ilógica la relación puntual que un total de 33 atractivos afectados, 31 sean manifestaciones culturales, y 2 sean sitios naturales

TABLA I  
AFECTACIÓN SEGÚN CATEGORÍAS DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS POR EL LAHAR SUR

Categorías de atractivos	F No	% No	F Si	%Si	Subtotal
Manifestaciones Culturales	259	54,99	31	6,58	290
Sitios Naturales	179	38,00	2	0,42	181
Subtotal	438	92,99	33	7,01	471

En la Tabla II dentro de las manifestaciones culturales (31 de 33), destaca un nivel de afectación mayor a los atractivos de tipo Históricas 19 (0,64%), que contiene a 10 subtipos como: Sitios Arqueológicos, Colecciones particulares Minas Antiguas, Museos arqueológicos, Arquitectura Civil, Arquitectura Religiosa, Monumentos, Sectores Históricos, Museos Históricos y Arquitectura Militar.

TABLA II  
AFECTACIÓN SEGÚN CATEGORÍAS DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS POR EL LAHAR SUR

Categorías de atractivos	F No	% No	F Si	%Si	Subtotal
Acontecimientos programados	42	8.92	3	0.64	45
Aguas subterráneas	12	2.55			12
Ambientes lacustres	13	2.76			13
Bosques	16	3.40			16
Etnográficas	81	17.20	7	1.49	88
Fenómenos espeleológicos	9	1.91			9
Fenómenos geológicos	7	1.49			7
Históricas	90	19.11	19	4.03	109
Montañas	67	14.23	2	0.42	69
Planicies	2	0.42			2
Realizaciones artísticas contemporáneas	3	0.64			3
Realizaciones técnicas y científicas	43	9.13	2	0.42	45
Ríos	48	10.19			48
Sistema de áreas protegidas	5	1.06			5
Subtotal	438	92.99	33	7.01	471

Por otra parte, de los 14 tipos de atractivos también afectados se encuentran las Etnográficas 7 (1,49%), Acontecimientos programados 3 (4,03%), Montañas 2 (0,42%) y Realizaciones técnicas y científicas 2 (0,42%),

### B. Lugar donde se encuentran los atractivos afectados

En la Tabla III se presenta la identificación de los cantones de Latacunga y Salcedo, en donde se encuentran los atractivos que serían afectados, existiendo una distribución en general correspondiente de Latacunga 23 (4,88%), y de Salcedo de 10 (2,12%)

TABLA III  
AFECTACIÓN SEGÚN CANTONES DONDE SE ENCUENTRAN DE LOS  
ATRATIVOS TURÍSTICOS POR EL LAHAR SUR

Cantones	F No	% No	F Si	%Si	Subtotal
La Manà	44	9.34			44
Latacunga	125	226.54	23	4.88	148
Pangua	31	6.58			31
Pujili	94	19.96			94
Salcedo	46	9.77	10	2.12	56
Saquisilí	19	4.03			19
Sigchos	79	16.77			79
Subtotal	438	92.99	33	7.01	471

C. Concentración de afectación por trayectoria de los atractivos

En la Tabla IV se presenta el tipo de parroquias (urbana o rural) con afectación a sus atractivos por trayectoria del lahar sur, en donde: Latacunga dispone atractivos en 7 parroquias (Eloy Alfaro, Guaytacama, José Guango Bajo, La Matriz, Mulaló, San Buenaventura y Tanicuchí), y Salcedo dispone atractivos en 2 parroquias (Panzaleo y San Miguel). Además, por categoría, se estableció una relación predominante de afectación a los atractivos en el tipo de parroquia urbana (34 de 33), dejando en evidencia que el desarrollo urbanístico no ha considerado los riesgos latentes del volcán Cotopaxi.

TABLA IV  
AFECTACIÓN SEGÚN CANTONES DONDE SE ENCUENTRAN DE LOS  
ATRATIVOS TURÍSTICOS POR EL LAHAR SUR

Tipos de parroquias	F No	% No	F Si	%Si	Subtotal
Rural	149	31.63	9	1.91	158
Urbano	22	4.67	24	5.10	46
Subtotal	171	36.31	33	7.01	204

La Fig. 1 muestra la trayectoria de afectación, teniendo como vector de origen al cráter del volcán, en donde se ubican los atractivos en trayectoria del lahar sur, en donde se observa la concentración de la afectación en las parroquias urbanas de los cantones de Latacunga y Salcedo.

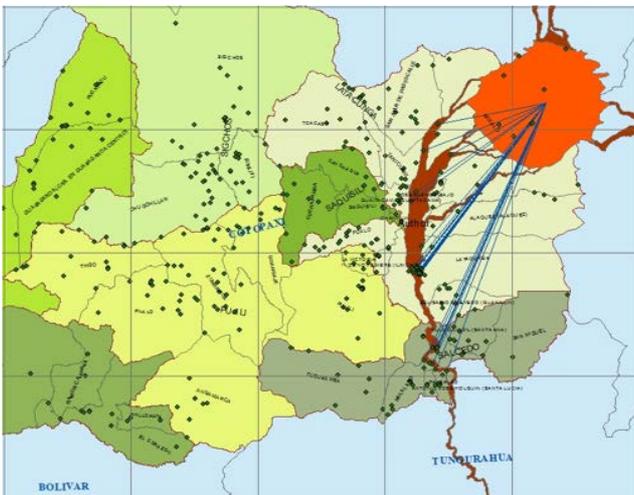


Fig. 2. Concentración de atractivos afectados por trayectoria del lahar sur

D. Ponderación de afectación al inventario general, según la jerarquía

La Fig. 2 muestra la trayectoria del lahar sur con un flujo

estimado aproximado de 150 millones de m<sup>3</sup> de agua derretida de los glaciales mezclada con materiales como lodo, piedras, rocas, y palos, (Aguilera, 2012) que afectarían a los atractivos de los dos cantones por el recorrido del río Cutuchi, en un tiempo aproximado de una hora y treinta minutos.

Para los 33 atractivos afectados se establecieron las alturas respectivas, y los valores de la altura mínima 2.588, media 2.776 y máxima 3.188 msnm, logrando representar la trayectoria norte - sur del lahar y la ubicación de los 33 atractivos afectados, iniciando con el atractivo cerro del Callo y, finalizando el mirador de Uliví, se determinaron que 12 atractivos están por debajo de la media, y 21 están sobre la media de las alturas.

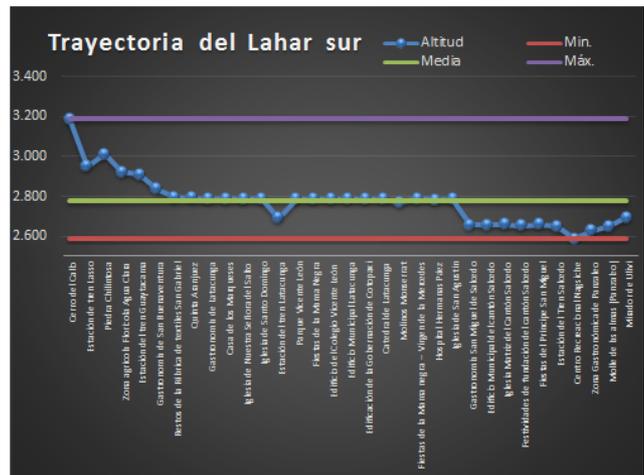


Fig. 2. Trayectoria de afectación del lahar sur por orden de los atractivos afectados

Para establecer el ponderado de afectación al inventario, se consideró la calificación de las tres categorías de valoración, con 10 elementos, en una escala del 1 al 10, así: Calidad (Valor intrínseco, valor extrínseco, entorno y conservación), Apoyo (Acceso, servicios y asociación), y Significado: Local, provincial, nacional e internacional. Y para asignar la jerarquía respectiva, se suman los 10 elementos (1 a 100), y se aplicó la siguiente fórmula:

$$P_p = \frac{C_i \cdot 100}{\sum C} \quad (1)$$

donde  $PP$  es el peso pondero,  $C_i$  es la calificación individual y  $\sum C$  es la Sumatoria de las calificaciones individuales

La Fig. 3 muestra el ponderado de afectación por cantones al inventario general de atractivos, discriminados entre los cuales serían afectados por la trayectoria del lahar sur, asignándose a Latacunga 6.58 y Salcedo 2.25

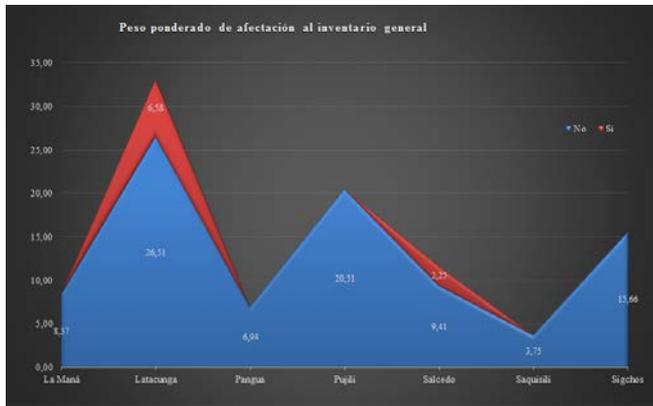


Fig. 3. Ponderación de afectación al inventario general de atractivos

### III. CONCLUSIONES

Cabe destacar, que en el Análisis distribucional de riesgo de los atractivos turísticos, por el lahar sur del volcán Cotopaxi, no se podría hablar de una ausencia o menor afectación hacia los otros atractivos del inventario general, por cuanto quedan latentes las amenazas de flujo de lava, piroplástos y ceniza, que afectarían al inventario de otras maneras, en otros espacios geográficos, y con otros efectos, pero se determinaron cuatro conclusiones en función de las preguntas directrices de la investigación.

- Las manifestaciones culturales, fueron identificadas como las categorías de atractivos, mayoritariamente afectados.
- Latacunga y Salcedo son los cantones, donde se encuentran asentados los atractivos afectados.
- El área de las parroquias urbanas, es lugar en donde se evidencia una concentración de afectación por trayectoria del lahar sur.
- Según la jerarquía, la medida de 8,84 es el peso ponderado positivo de afectación al inventario general, frente al 91,16 peso ponderado negativo.

### REFERENCIAS

- [1] Aguilera, E. (2012). Volcán Cotopaxi: Belleza Fatal. Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- [2] J. Carracedo, H. Guillou, M. Paterne, S. Scaillet, E. Rodríguez, R. Paris, A. Hansen, "Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla" Estudios Geol. (2004).
- [3] GADP Cotopaxi. "Inventario de Recursos Turístico, Naturales y Culturales de la Provincia de Cotopaxi." [En línea]. Disponible: [https://issuu.com/paulandres2/docs/rendici\\_n\\_de\\_cuentas\\_2015\\_02p\\_rint](https://issuu.com/paulandres2/docs/rendici_n_de_cuentas_2015_02p_rint)
- [4] Kullerud, K. (2018). [http://webgeology.alfaweb.no/webgeology\\_files/spanish/vulcanism\\_spanish.html](http://webgeology.alfaweb.no/webgeology_files/spanish/vulcanism_spanish.html).
- [5] D. Monfort, N. Lantada, X. Goula, A. Barbat, C. Negulescu, J. Rodríguez, "Generación de escenarios de riesgo sísmico en una zona transfronteriza del Pirineo" Granada: 2011, pp. 1-9.
- [6] Gestión de Riesgos. disponible : <http://gestionriesgosec.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=23f0de2e8e4541948e94f1681b8fba01>.
- [7] G. Soto, L. Sjöbohm, "Sobre El Mapeo De Los Peligros Volcánicos Del Arenal (Costa Rica) Como Una Herramienta Para La Planificación Del Uso Del Suelo Y La Mitigación De Desastres." Memoria VIII Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica, pp. 26. San José, Costa Rica. sep, 2005.
- [8] T. Toulkeridis, "Volcán Cotopaxi" Universidad San Francisco. Noviembre, 2015 [En línea]. Disponible: [https://www.usfq.edu.ec/sobre\\_la\\_usfq/oficinainnovacion/Documents/anexo\\_visitas\\_plan\\_de\\_contingencia.pdf](https://www.usfq.edu.ec/sobre_la_usfq/oficinainnovacion/Documents/anexo_visitas_plan_de_contingencia.pdf)

- [9] Turismo.gob. (2018). <http://servicios.turismo.gob.ec/index.php/portfolio/turismo-cifras/2-uncategorised/categorias-turismo-en-cifras/94>.