

APROXIMACIÓN A LA PREDICCIÓN DEL RIESGO POR LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ

Carlos A. Borrero P.*
Gabriel Cruz C.**
Profesores de la Universidad de Caldas

RESUMEN

Con base en la recopilación de datos históricos conocidos de los períodos de inactividad y las fases eruptivas del Volcán Nevado del Ruiz y con herramientas estadísticas se hace una aproximación del riesgo volcánico para eventos futuros, calculando la probabilidad de ocurrencia de un evento.

El escenario resultante determina un límite inferior de 27,2 años y uno superior de 127 años. Aunque el cálculo es muy aproximativo por la base de datos tan estrecha y por ser un fenómeno natural el evento que se está evaluando, se puede interpretar el límite inferior como el cálculo pesimista y el superior como el optimista.

PALABRAS CLAVE

Riesgo, volcán.

INTRODUCCIÓN

Ante la pregunta ¿cuándo será el próximo evento en el Volcán Nevado del Ruiz?, la cual fue formulada por una empresa que adelanta el estudio de factibilidad de una planta de gas en la zona del Río Gualí en el área de Mariquita (Tolima), nos hemos dado a la tarea de hacer una predicción en el tiempo de la probabilidad de un evento eruptivo, evaluando la información histórica y geológica reciente hasta ahora conocida de la actividad eruptiva del Volcán Nevado del Ruiz y utilizando las herramientas de la estadística de probabilidades.

El Volcán Nevado del Ruiz, 5.311 m.s.n.m., 4°53' N y 75° 19' W, localizado en la parte media de la Cordillera Central Colombiana, al SE del Departamento de Caldas (fotografía 1.), es un estratovolcán con una historia que se extiende hasta 1.8 millones de años. Actualmente en su cima se encuentra una cubierta glacial de aproximadamente 25 Kms² (área anterior a la erupción del 13 de noviembre de 1985. Thouret, 1990)



Fotografía 1. Cráter Arenas del Volcán Nevado del Ruiz; fotografía tomada el 15 de diciembre de 1985. Se observan los efectos de la erupción del 13 de noviembre de 1985 sobre el glaciar.

La amenaza principal para el proyecto en el Río Gualí en la zona de Mariquita con respecto a la actividad del Volcán Nevado del Ruiz es un lahar, evento generado por la interacción de los productos calientes de una erupción, la nieve y el hielo glacial, conocido comúnmente como 'avalancha'. Ejemplos sobre la generación y evolución de los lahares en la erupción del 13 de noviembre de 1985 son presentados en detalle por Pierson et al., 1990 (fotografía 2).



Fotografía 2. Lahar del río lagunillas en el área de Armero; fotografía tomada el 23 de noviembre de 1985, la cual muestra la destrucción de la población de Armero (Tolima).

DEFINICIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN EVENTO

Para la definición de la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico en el Volcán Nevado del Ruiz que genere un lahar en el Río Gualí se han referenciado principalmente datos de actividad histórica del Volcán Nevado del Ruiz (Thouret et al., 1990, Tabla 4, p.248), interpretando, con base en diferentes fuentes bibliográficas no publicadas del INGEOMINAS, el VEI para cada evento.

El VEI (Índice de Explosividad Volcánica, su sigla en Inglés) desarrollado por Newhall and Shelf (1982, en Fisher and Smincke, 1984) es una escala de comparación de los diferentes episodios eruptivos entre los diferentes volcanes del mundo; comienza en 0 y va hasta 8, este índice ha sido adaptado en los principales catálogos de erupciones de los volcanes del mundo; como referencia la erupción del 13 de noviembre de 1985 tuvo un VEI de 3.

El cálculo de tasa de recurrencia de un evento volcánico en el Nevado del Ruiz se dificulta al no existir datos cuantitativos de los diversos parámetros que sirven para la definición del VEI, tales como: altura de la columna eruptiva, volumen del material eruptado, volumen de lahares, etc., los cuales permitirían comparar las diferentes erupciones en los diversos episodios históricos.

Para Schmincke and van der Bogaard (1991) los eventos eruptivos en un volcán con respecto al tiempo de duración pueden ser subdivididos en unidades de actividad volcánica, las cuales incluyen :

1. Pulsos eruptivos: pueden tardar de segundos a minutos.
2. Fases eruptivas: pueden tardar entre unas horas a días y consisten de numerosos pulsos eruptivos.
3. Unidad de erupción: está compuesta de muchas fases, las cuales pueden tardar de algunos días a meses.
4. Período eruptivo: el cual puede tardar de años a cientos de años, y está compuesto de muchas unidades de erupción, y la
5. Época eruptiva: que tarda de miles a millones de años.

En la Tabla 1 se muestran las principales unidades históricas de actividad volcánica en el Volcán Nevado del Ruiz.

La última avalancha se presentó en el Río Lagunillas el 15 de enero de 1995 y tuvo una duración de 4 horas y 15 minutos (Guarnizo et al., 1996); este fenómeno se debió al fuerte deshielo del glaciar del Lagunillas, cuyas aguas saturaron material proveniente de un deslizamiento ocurrido en 1994; sólo afectó la parte alta de la cuenca del Río Lagunillas, hecho que obstruyó la carretera Manizales-Murillo (Tolima). Dado que la formación de esta avalancha no fue precedida por actividad sísmica o eruptiva no se tuvo en cuenta para el registro histórico (Tabla 1).

Tabla 1. Actividad histórica eruptiva en el Volcán Nevado del Ruiz.

Fecha	VEI*	Eventos eruptivos e intervalos de inactividad
1989, septiembre 1.	1	Caída de ceniza, lahar en Lagunillas.
1985, noviembre 13	3	Erupción sub-pliniana.
1985, septiembre 11	1	Caída de ceniza. lahar Lagunillas.
Intervalo de inactividad de 69 años.		
1916	1?	Caída de cenizas.
Intervalo de inactividad de 71 años.		
1845, febrero 19	3	Avalancha de escombros, lahares.
1833		Actividad fumarólica.
1831	1	Actividad fumarólica y caída de ceniza.
1829, junio 18	1	Caída de ceniza.
1828, junio	1	Explosión freática.
Intervalo de inactividad de 23 años.		
1805, marzo 14	1	Caída de ceniza.
Intervalo de inactividad de 182 años.		
1623	1	Actividad fumarólica. Cráter Arenas.
Intervalo de inactividad de 28 años.		
1595, marzo 12	3	Avalanchas de escombros, lahares.
Intervalo de inactividad de 25 años.		
1570	1?	Incandescencia volcánica.
Intervalo de inactividad de 29 años.		
1541	1	Actividad fumarólica.
No se conoce actividad histórica antes de 1541.		
Probable intervalo de inactividad de 190 años.		

* VEI. *Índice de explosividad volcánica interpretado.*

Históricamente no se ha podido precisar, como lo indica Espinosa (1986), si los lahares producidos en las diferentes unidades de actividad volcánica también ocurrieron en el Río Gualí, ya que la mayoría de la información está relacionada exclusivamente con el Río Lagunillas. Para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico se incluyeron todos los eventos volcánicos, teniendo en cuenta lo postulado por Barberi et al. (1995) en su trabajo en el volcán Cotopaxi (Ecuador), en el cual dicho autor concluye que siempre existe un 90% de posibilidad de que ocurra un lahar cuando haya cualquier tipo de actividad (así sea solo caída de ceniza), debido a la interacción de los glaciares con el material expulsado por la actividad eruptiva del volcán.

Hall(1990) sostiene que investigadores nacionales y extranjeros vinculados a los trabajos preliminares sobre amenazas del Volcán Nevado del Ruiz interpretaron que virtualmente cualquier erupción produciría flujos de lodo y que no existe un sistema de alarma que prevenga a la población. También se debe tener en cuenta que Florez (1992 p. 50), hace un recuento de la recesión (ablación) de los glaciares actuales y predice la desaparición de los glaciares en las próximas dos a cinco décadas; si se supone que las condiciones climáticas permanecerán similares a las de los últimos 50 años, por lo que se disminuiría drásticamente la amenaza por lahares.

Para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico, con base en la Tabla 1 se obtuvieron los siguientes intervalos de inactividad:

Período eruptivo actual (eventos eruptivos de septiembre y noviembre de 1985 y septiembre de 1989).

- Intervalo 1: 69 años. Fase eruptiva de 1916
- Intervalo 2: 71 años Período eruptivo 1828-1845
- Intervalo 3: 23 años Fase eruptiva de 1805
- Intervalo 4: 182 años Fase eruptiva de 1623
- Intervalo 5: 28 años Fase eruptiva de 1595
- Intervalo 6: 25 años Fase eruptiva de 1570
- Intervalo 7: 29 años Fase eruptiva de 1541 (probable?)
- Intervalo 8: 190 años Fase eruptiva de 1351

Con base en la fórmula de promedio de desviación de intervalos(μ), y tomando como base un margen de seguridad igual al 90%, se tiene el cálculo del siguiente intervalo de confianza ($x - ta/2 Sx = \mu = x + ta/2 Sx$), donde:

$x = \text{media} = 77,12 \text{ años}$

$ta/2 = 2 \text{ colas para intervalo de confianza del } 90\% = 2,02.$

$Sx = [(S^2 / n)]^{1/2}$

$n = \text{número de intervalos, } n=8$

$S^2 = [\sum (xi - \bar{x})^2 / (n-1)]$,

$xi = \text{tiempo en años de inactividad (intervalo)}$

dando como resultado:

$27,2 = \mu = 127$

Al tomar como fundamento los datos históricos conocidos de los períodos y las fases eruptivas del Volcán Nevado del Ruiz la estimación determina un límite inferior de 27,2 años y uno superior de 127 años; este cálculo es muy aproximativo; se interpreta el límite inferior como el cálculo pesimista y el superior como el optimista. Como se desprende de lo anterior, el cálculo estimado conlleva un rango del intervalo muy amplio, lo que indica un alto grado de imprecisión y una ayuda muy relativa al proceso de predicción del fenómeno eruptivo.

Tanto para el INGEOMINAS-OVC (Observatorio Volcanológico de Colombia) como para los especialistas consultados, el Volcán Nevado del Ruiz está actualmente en un período eruptivo que comenzó en septiembre de 1985; ha sufrido varias crisis, a tal punto que la actividad sísmica sostenida ha llevado a declarar la alerta roja -la última presentada en enero de 1995, cuando la energía sísmica liberada fue alta y, no obstante, no se presentó erupción.

En cuanto a la duración de los períodos eruptivos sólo tenemos como referencia histórica el período de 1838-1845, el cual duró 17 años; en el período actual se llevan ya catorce años. Es importante resaltar que no hay una conexión de causalidad entre los datos históricos, porque se desconocen los "mecanismos de disparo" de las diferentes erupciones; sin embargo, para dar un uso al resultado estadístico se estima que la siguiente fase eruptiva se daría alrededor del año 2.025, si se considerara que el actual período eruptivo estuviera culminado y se estuviera, por lo tanto, entrando en un período de inactividad volcánica.

Para el Holoceno (últimos 10.000 años de la historia de la tierra) se han reportado las siguientes edades (tabla 2), con base en los depósitos de tefras que han dejado los diferentes períodos eruptivos del volcán Nevado del Ruiz.

Tabla 2. Actividad eruptiva holocénica en el Volcán Nevado del Ruiz.

Edad 14C (A.P.)	Calendario	VEI
600 ± 130	1230, 1450	2
780 ± 90	1045, 1340	2
Período de inactividad de 400 años.		
1275 ± 50	615, 865	2
Período de inactividad de 650 años.		
1930 ± 60	-145, 225	2

Período de inactividad de 550 años.		
248 ± 100	-810, -395	3
Período de inactividad de 400 años.		
3100 ± 70	-1600, -1420	4
Período de inactividad de 5.530 años.		
8630 ± 50		4
Período de inactividad de 1.900 años.		
10520 ± 90		3

Como se ve observa en la Tabla 2, los períodos de inactividad tienen un orden de magnitud mayor a los mostrados en la actividad histórica (Tabla 1), por ese motivo no se usaron tales datos para el cálculo de la probabilidad de un episodio eruptivo en el Volcán Nevado del Ruiz en el futuro cercano. Los resultados de Schaefer et al. (1993) muestran que los volúmenes de las erupciones han venido disminuyendo drásticamente desde 11 Km³ (2600 ± 50 años A.P.) a 2 Km³ (1985).

Como conclusión se presenta que el Volcán Nevado del Ruiz está actualmente en un período eruptivo que comenzó en 1984 y desde entonces tiene una actividad fumarólica sostenida en el Cráter Arenas; las restricciones que tiene la predicción conlleva a la imposibilidad de deducir cuánto va a durar este período; si se considera que se está cerca de la terminación del actual período, se tendría un período de ocurrencia de una nueva fase eruptiva después de 27,2 años en la visión más pesimista, desde el punto de vista estadístico-histórico. Por lo tanto las obras que se construirán en el Río Gualí en la zona de Mariquita (Tolima) con una vida útil de 40 años estarían afectadas por el siguiente evento, ya fuera del actual período o del próximo. De ahí la necesidad de definir el riesgo volcánico para las áreas amenazadas por la actividad del Volcán Nevado del Ruiz donde se piensen llevar a cabo obras de infraestructura.

La técnica estadística de estimación no ofrece toda la garantía científica; pero sí vislumbra una medición aproximativa de riesgo futuro de ocurrencia de un lahar para el área de estudio. Se requiere para estos casos recurrir a otras metodologías basadas en técnicas de modelación y dinámica de sistemas, así como de nuevos métodos y enfoques (Teoría de Caos: fractales) que ofrezcan mejor consistencia a los intentos de predicción de fenómenos de tal naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBERI, F. et al. Chronology and dispersal characteristic of recently (last 5.000 years) erupted tephra of Cotopaxi (Ecuador): Implications for long term eruptive forecasting. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 69, 1995. No. 3-4: 217-239.
- ESPINOSA, A. Notas sobre la actividad histórica del Volcán Nevado del Ruiz. INGEOMINAS, Cali, 1986. 17 p. (inérito).
- FISHER, R.V. and SCHMINCKE, H.U. *Pyroclastic Rocks*. Ed. Springer Verlag, 1984. 472 p.
- FLÓREZ, A. Los Nevados de Colombia, glaciales y glaciaciones, *Análisis Geográficos*. No. 22, IGAC, 1993. 95 p.
- GUARNIZO, L.F. et al. El Flujo de Escombros de enero 15 de 1995 sobre el Río Lagunillas (Nevado del Ruiz-Colombia). Libro de Resúmenes, VII Cong. Col. de Geología, Bogotá, 1995.
- HALL, M.L. Chronology of the principal scientific and governmental actions leading up to the november 13, 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia. In: S.N. Williams (Ed.) *Nevado del Ruiz Colombia, II*, J. Volcanol, 1990. *Geotherm. Res.*, 41:101-116.
- PIERSON, T.C.; BORRERO, C.A. et al. Perturbation and melting of snow and ice by the 13 november 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia and consequent mobilization, flow and deposition of lahars. In: S.N. Williams (Ed.) *Nevado del Ruiz Colombia, I*, J. Volcanol. 1990. *Geotherm. Res.*, 41:17-60.
- SCHAEFER, S.J. et al. Internal 238U-series systematics of pumice from the november 13, 1985, eruption of Nevado del Ruiz, Colombia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* Vol. 57: 1.215-1.219, 1993.
- SCHMINCKE, H.U. and VAN DEL BOGAARD Bogaard, P. Tephra Layers and Tephra Events. In: Einsele et al. (Eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*, Springer Verlag, 1991. p. 392-429.
- THOURET, J.C. Effects of the november 1985 eruption on the snow pack and ice cap of Nevado del Ruiz, Colombia. In: S.N. Williams (Ed.) *Nevado del Ruiz Colombia, I*, J. Volcanol. *Geotherm*, 1990. *Res.*, 41:177-201.
- THOURET, J.C. et al. Quaternary eruptive history of Nevado del Ruiz (Colombia). In: S.N. Williams (Ed.) *Nevado del Ruiz Colombia, I*, J. Volcanol. *Geotherm*, 1990. *Res.*, 41:225-252.
- YOUNG, R.H. Eruption Dynamics and Petrology of the most recent eruptions of Nevado del Ruiz Volcano, Colombia, S.A. Unpublished M.Sc. Thesis, L.S.U., Dept. Of Geology and Geophysics, 1991. 119 p.

Close Window