



La lógica de la gestión del riesgo volcánico

Servando De la Cruz Reyna

Para citar este artículo: De la Cruz Reyna Servando. 2021. La lógica de la gestión del riesgo volcánico. Ciencia Nicolaita, número 82, 59-64. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi82.558>.

Ver material suplementario

Publicado en línea el 30 de septiembre de 2021

Envíe su artículo a esta revista: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>

La lógica de la gestión del riesgo volcánico

Servando De la Cruz Reyna

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido: 7 de junio 2021

Aceptado: 20 de julio de 2021

RESUMEN

La gestión del riesgo volcánico presenta dificultades que son inherentes a la naturaleza de la actividad eruptiva, a la inaccesibilidad de los sistemas magmáticos y a las múltiples interpretaciones que se pueden dar a las señales registradas en la superficie. Los responsables de la protección a la población requieren de los factores de decisión que pueda proporcionar la comunidad científica, la que, con tales incertidumbres epistémicas, debe buscar formas de identificar y comunicar los elementos básicos del proceso volcánico que sustenten decisiones acertadas, que de no serlo pueden comprometer la seguridad de amplios sectores de la población en regiones vulnerables.

PALABRAS CLAVE: Gestión del riesgo volcánico, actividad volcánica, incertidumbre epistémica.

ABSTRACT

Volcanic risk management presents difficulties that are inherent to the nature of the eruptive activity, namely the inaccessibility of the magmatic systems and the multiple interpretations attributable to the signals recorded on the surface. Authorities responsible for the protection of the population require the decision factors that the scientific community may provide, which, with such epistemic uncertainties, must seek ways to identify and communicate the basic elements of the volcanic process that support correct decisions, which otherwise may compromise the safety of large sectors of the population in vulnerable regions.

KEYWORDS: Volcanic risk management, volcanic activity, epistemic uncertainty.

Introducción

En comparación con otros desastres causados por fenómenos naturales a sociedades vulnerables, los que resultan de algún tipo de actividad volcánica son menos frecuentes pero no necesariamente de menor magnitud. Esto puede generar una falsa percepción del riesgo asociado a los fenómenos volcánicos, por lo que, cuando ocurre una erupción, el costo en vidas y daños materiales asociado a la falta de preparación ante este tipo de fenómenos puede ser muy alto. Esto es debido a dos causas principales: una, que los suelos volcánicos de formación geológicamente reciente son por lo general fértiles y fomentan el crecimiento poblacional, agrícola y de infraestructura en su entorno, y con ello el número de asentamientos vulnerables de volcanes aparentemente inactivos. La otra, se deriva de la diversidad de manifestaciones volcánicas con un amplio espectro de potenciales impactos, que varía desde eventos menores que sólo afectan el entorno inmediato del centro eruptivo, hasta otros capaces de dañar seriamente amplias regiones y extenderse a distancias considerables afectando comunidades relativamente lejanas, sin una percepción del riesgo. Dos lamentables ejemplos recientes de esto lo representan la erupción del volcán El Chichón en 1982, el peor desastre volcánico de la historia de México, causante de cerca de 2000 víctimas y los flujos de lodo originados por la erupción del volcán Nevado del Ruiz, en Colombia, que inundaron la población de Armero en 1985, matando a 23,000 de sus habitantes.

En ese contexto, en diciembre de 1994, y a 9 años de otro desastre producido por el sismo de magnitud 8.1 de 1985, causante de un número aún no determinado de víctimas, probablemente cercano a 10,000 y a muy pocos años de la puesta en marcha del Sistema Nacional de Protección Civil y del Centro Nacional de Prevención de

Desastres, CENAPRED, el volcán Popocatepetl inicia una fase de actividad, después de casi 70 años de calma.

Se sabía ya que el Popocatepetl, ubicado en el centro de la región más densamente poblada del país, tiene un historial eruptivo que comprende un amplio rango de posibles modalidades de erupción, que incluyen desde la actividad fumarólica moderada, hasta erupciones de gran magnitud que han llegado a destruir edificios volcánicos anteriores, afectando áreas de miles de kilómetros cuadrados. Una erupción mayor en la actualidad, aunque de baja probabilidad, podría afectar la región circundante al volcán en diversas formas; por lluvias importantes de ceniza a la población que radica en un radio de más de 100 km alrededor del volcán, la cual se acerca a 20 millones y por efectos más directos, tales como flujos piroclásticos y flujos de lodo o lahares, a una población cercana a 500,000 personas en algunas de las zonas circundantes, señaladas en el Mapa de Peligros del Volcán Popocatepetl, disponible en varios formatos: (<https://acortar.link/zsGKSJ>); (<https://cutt.ly/1OH7pST>).

Esos mapas han sido elaborados por numerosos especialistas, estudiando en detalle la distribución y las edades relativas de los depósitos de productos de erupciones pasadas y bajo la premisa de que un volcán es capaz de repetir en algún momento escenarios similares a los que ha presentado en el pasado. Por ello representan un marco de referencia de las situaciones de riesgo que el volcán potencialmente podría presentar.

Estos antecedentes, sumados a algunas manifestaciones observadas desde 1986, tales como un incremento en las fumarolas y el calentamiento y eventual desaparición del pequeño lago cratérico, motivaron que la UNAM colocara una primera estación telemétrica de monitoreo sísmico a 4.8

km al norte del cráter, en Tlamacas, cerca de unas estaciones repetidoras de microondas, en septiembre de 1989 (De la Cruz-Reyna *et al.*, 2008a).

El posterior incremento de la actividad interna, principalmente sísmica y sólo instrumentalmente detectable, motivó la creación, en febrero de 1994, de un “Comité de Planeación Popocatepetl”, integrado por autoridades estatales y federales de Protección Civil y por científicos de la UNAM, el CENAPRED y otras instituciones, con el fin de desarrollar planes de contingencia.

En octubre 14 de ese año se instaló sobre el flanco suroeste del volcán otra estación sísmica telemétrica “Chipiquixtle” por parte del CENAPRED y un posterior incremento de la actividad microsísmica motivó la instalación de otra más, “Colibrí”, buscando rodear al volcán, las que conforman la red que eventualmente creció hasta su configuración actual.

El 21 de diciembre de 1994, a la 01:31 de la madrugada, esa red de monitoreo registró una creciente sismicidad constituida por señales de diferentes tipos, marcando el inicio de una nueva etapa de actividad en el volcán. A la 01:54, un evento mayor probablemente relacionado con la apertura del conducto volcánico, marcó un manifiesto incremento en las emisiones de gas y ceniza. Al amanecer se detectó lluvia de ceniza sobre la ciudad de Puebla y otras localidades cercanas, que aumentó en los días subsiguientes.

Ante esta situación el Comité de Planeación se separó en dos partes: un “Comité Científico Asesor” y un Comité Operativo. El 22 de diciembre de 1994, se reunió con carácter permanente ese nuevo Comité Científico Asesor de la Secretaría de Gobernación, integrado por expertos de la UNAM, del CENAPRED y de otras instituciones académicas. En una sesión encabezada por el entonces Subsecretario de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social, se determinó realizar un vuelo de reconocimiento en helicóptero que se repitió a las 14:00 horas.

El Comité Científico Asesor se enfocó a evaluar los resultados de las observaciones (Meli, 1995).

Con la información disponible se planteó, a partir de ese momento, un problema crucial: el uso de la ciencia para apoyar la gestión del riesgo volcánico y para manejar una situación de crisis (De la Cruz-Reyna y Tilling, 2008b, De la Cruz-Reyna *et al.*, 2017).

Este problema, que no se limita a la actividad volcánica y es común denominador de otras condiciones de gestión de riesgos asociados a fenómenos naturales, particularmente fenómenos de origen geológico, requiere tomar en consideración ciertos factores críticos:

1. Comunicar una percepción “realista” de la ciencia y sus limitaciones: En un sistema como la Tierra, o como un volcán en particular, la única información sobre los procesos internos con la que se cuenta es la que se recibe en la superficie, en forma de señales sísmicas, deformaciones, gases y fragmentos que emite el volcán. En esa configuración existe una dificultad inherente y matemáticamente demostrable que se conoce como “la no-unicidad de las soluciones al problema inverso”. ¿Qué significa esto? Que las señales recibidas en la superficie pueden ser causadas por una multitud de posibles configuraciones del inaccesible sistema interno. En los problemas directos que admiten soluciones únicas, como por ejemplo, dada la potencia de un foco de luz, ¿cuál será la iluminación sobre una superficie ubicada a una distancia determinada? La pregunta puede ser contestada en forma única, precisa y directa. En contraste, el problema inverso planteado como: dada la iluminación en una superficie, ¿cuál es la potencia y distancia de una fuente de luz a la que no podemos ver ni acceder? admite un número virtualmente infinito de respuestas que producen el mismo resultado.
2. El segundo factor es la complejidad de los sis-

temas terrestres y en particular de los volcánicos. El número de parámetros de diferente naturaleza involucrados en el proceso es mayor que el número de datos que llegan a la superficie, por lo que en general no es factible conocer todos los detalles del proceso interno. Aun si se pudiera representar a un proceso volcánico que se desarrolla en la profundidad por medio de un sistema completo de ecuaciones que describieran su evolución dinámica y termodinámica, los datos que se pueden adquirir no son suficientes para resolverlas. Este es el problema de la incertidumbre epistémica.

¿Cómo generar entonces un diagnóstico y elaborar un pronóstico de la actividad volcánica que sea lo suficientemente confiable para ser de utilidad en la toma de decisiones para la gestión del riesgo?

Desde sus primeras sesiones el Comité Científico Asesor del Popocatepetl asumió de forma natural estas consideraciones, sin existir un protocolo formal para ello y procedió en forma un tanto intuitiva con una de las metodologías que se ha planteado en la ciencia moderna desde la primera mitad del Siglo XX y que utiliza algunos de los conceptos descritos por Karl Popper en su *Lógica de la Investigación Científica*: Ante una incertidumbre epistémica (en la que se desconoce por su inaccesibilidad gran parte del proceso), o ante una problema inverso con un alto grado de no-unicidad (en la que muchas explicaciones diferentes describen el mismo proceso) el proceder con los métodos inductivos tradicionales de la ciencia, que consisten en la generalización de resultados parciales y que son de gran valor en los problemas directos, puede llevar a conclusiones incorrectas en problemas inversos.

Una solución consiste en abordar el problema siguiendo un criterio de demarcación. Esto significa que, en lugar de intentar describir o tratar de explicar o confirmar la naturaleza del proceso interno del volcán, o de desarrollar modelos que

los describan a partir de los (generalmente insuficientes) datos disponibles, una opción es aplicar un procedimiento que descarte aquellos procesos, configuraciones o modelos que no satisfacen la experiencia combinada de los miembros del Comité Científico (CC) en cada una de sus áreas de experiencia.

Al analizar ordenadamente cada uno de los grupos de datos disponibles, sísmicos, geodésicos, geoquímicos, térmicos, visuales y otros, se proponen diferentes causas que expliquen las observables y cada miembro del Comité apoya o descarta la propuesta desde la perspectiva de su especialidad y experiencia. Cuando una posible causa es descartada se procede a discutir la siguiente. De esta forma, la multiplicidad de los posibles procesos y de sus consecuencias se reduce. Asimismo, permite desarrollar la discusión en un tiempo razonable, ya que un CC concentra sus discusiones únicamente sobre los puntos de acuerdo y descarta discutir aquellos en los que hay desacuerdo, dejándolos para otros foros.

Este método guarda algunas similitudes con el diagnóstico diferencial utilizado en ciencia médica y aunque no existe un protocolo formal que lo regule, en forma empírica el CC lo ha utilizado por más de 20 años. Así, para el Popocatepetl, se busca un acuerdo sobre los procesos que con mayor probabilidad se pueden demarcar y descartar y de allí comunicar una información que sea de utilidad para la toma de decisiones de Protección Civil en términos de los escenarios resultantes de los procesos no descartables.

Con esta metodología ha sido posible evaluar el estado de actividad del volcán y los riesgos que representa y comunicarlos por medio de reportes a las autoridades de Protección Civil expresados como los escenarios de riesgo resultantes de haber descartado los menos probables. Así se han logrado criterios correctos de gestión del riesgo que han permitido tomar decisiones cruciales, como por ejemplo la evacuación preventiva antes de la

erupción de diciembre de 2000. También han ayudado a evitar sobreacciones, especialmente en los tiempos más recientes en los que con frecuencia surge información indiscriminada e interpretaciones infundadas que se propagan con gran rapidez por medio de las redes sociales.

Si bien estos criterios de demarcación implican un proceso de elicitación, dado que busca un consenso entre los miembros del CC para demarcar los escenarios de riesgo menos probables y sintetizar los restantes como “más probables”, tiene importantes diferencias con la “elicitación experta estructurada”, utilizada en otros países, especialmente de habla inglesa, en la que previamente se examina a los expertos participantes y se califican sus respuestas y opiniones sobre problemas “semilla”, asignándoles una “calibración”, según los resultados de ese examen, con las que posteriormente se pesan sus opiniones acerca de lo que consideran los procesos volcánicos en desarrollo más probables (Aspinall, 2006). Esta metodología ha sido criticada por Donovan *et al.* (2012a, 2012b), argumentando que la metodología de calificar y pesar las opiniones de los expertos no elimina la incertidumbre epistémica e introduce un elemento subjetivo en la evaluación por medio del diseño de las preguntas “semilla”.

En conclusión, los Comités Científicos Asesores que logran evaluaciones consensuadas de los escenarios de riesgo son en el presente una componente esencial de la gestión del riesgo en México, ya que proporcionan a las autoridades responsables los factores necesarios para la toma de decisiones. Ante la presencia de un problema o una amenaza para la sociedad, es una herramienta que la ciencia ofrece para contribuir a evaluar y reducir el riesgo, siempre y cuando sea la autoridad responsable la que reaccione y responda a los problemas de riesgo que requieran ser abordados.

Referencias

- ASPINALL W. P. 2006. Structured Elicitation of Expert Judgment for Probabilistic Hazard and Risk Assessment in Volcanic Eruptions. In “Statistics in Volcanology” (Eds H.M Mader, S. G. Coles, C. B. Connor, and L. J. Connor). London, Special Publications of IAVCEI No 1. The Geological Society for IAVCEI: 15-30.
- DE la Cruz-Reyna S. 1995. Un código de alerta para el manejo de emergencias antes y durante potenciales erupciones del Volcán Popocatepetl. En: “Volcán Popocatepetl Estudios Realizados Durante la Crisis de 1994-1995”. Coedición del Sistema Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la UNAM (ISBN: 970-628-127-4): 327-333.
- DE la Cruz-Reyna S., Yokoyama I., Martínez-Bringas A., Ramos E. 2008a. Precursory Seismicity of the 1994 Eruption of Popocatepetl Volcano, Central Mexico. *Bulletin of Volcanology* 70(6): 753-767 (doi:10.1007/s00445-008-0195-0)
- DE la Cruz-Reyna S., Tilling R. I. 2008b. Scientific and public responses to the ongoing volcanic crisis at Popocatepetl Volcano, Mexico: importance of an effective hazards-warning system. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 170 (1-2): 121-134, (doi:10.1016/j.jvolgeores.2007.09.002)
- DE la Cruz-Reyna S., Tilling R. I., Valdés-González C. 2017. Challenges in responding to a sustained and continuing volcanic crisis: The case of Popocatepetl volcano, Mexico, 1994-present. In: *Observing the Volcano World: Volcano Crisis Communication*. (Eds. C.J. Fearnley, B. McGuire, G. Jolly, D. Bird and K. Haynes). *Advances in Volcanology*, Springer-Verlag. Doi:org/10.1007/11157_2016_37. e-book ISBN 978-3-319-44097-2, versión impresa: 235-252, ISBN 978-3-319-44095-8 (2018)
- DONOVAN A., Oppenheimer C., Bravo M. 2012a. Social studies of volcanology: knowledge generation and expert advice on active volcanoes. *Bulletin of Volcanology* 74: 677-689, doi 10.1007/s00445-011-0547-z
- DONOVAN A., Oppenheimer C., Bravo M. 2012b. Reply to comment from W.P. Aspinall on “Social studies of volcanology: knowledge generation and expert advice on active volcanoes”. *Bulletin of Volcanology* 74: 1571-1574, doi 10.1007/s00445-012-0626-9
- MELI R. P. 1995. Interacción del grupo científico con las autoridades de Protección Civil. En: “Volcán Popocatepetl Estudios Realizados Durante la Crisis de 1994-1995”. Coedición del Sistema Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la UNAM (ISBN: 970-628-127-4): 335-336.
- POPPER K. R. 2008. *La Lógica de la Investigación Científica*. Editorial Tecnos, Madrid, 2ª Ed, 570 pp. Madrid, ISBN: 978-84-309-4607-5.