

Incertidumbre en la Gestión del Riesgo

Gustavo Córdoba¹, Diana Rodríguez¹, Alejandra Guerrero¹, Anderson Jurado¹

¹ Grupo de Investigación GRAMA, Universidad de Nariño, Colombia

Palabras clave: riesgo, probabilidad, incertidumbre, amenaza.

La Gestión del Riesgo se define como un proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo (UNISDR, 2017). Existen variadas formas de llevar a cabo este proceso, pero en general se puede condensar en un ciclo que consiste en varias etapas, las cuales se conforman por la Identificación de los Riesgos a que están sometidos los elementos expuestos, seguida de un análisis cualitativo y cuantitativo de esos riesgos. Una vez analizado el riesgo, se procede a la etapa de planificación y ejecución de las acciones a tomar para reducir este riesgo; estas acciones deben ser monitoreadas con indicadores de control, para que se pueda llegar de nuevo a la etapa de identificación de los riesgos remanentes o nuevos, en este ciclo (ver Figura 1).



Figura 1: Ciclo típico de la Gestión del Riesgo (Tomada de <http://www.metehansonbahar.com/construction-consultancy-services/risk-management/>)

El análisis del riesgo es una parte fundamental en el proceso de Gestión. En el campo de las amenazas de origen volcánico su identificación y análisis se convierten cada vez más en herramienta fundamental para los tomadores de decisiones. Entre los componentes del riesgo, para elementos individuales, tanto el nivel de exposición como su vulnerabilidad, se pueden calcular con una buena aproximación. Sin embargo, evaluar la vulnerabilidad de cientos o miles de elementos individuales se torna impráctico,

obligando a realizar generalizaciones que inducen márgenes de error dentro de cada caso individual.

Entre los métodos para evaluar la amenaza están el determinístico y el probabilístico (Bommer, 2002). El más comúnmente usado dentro de las evaluaciones de amenazas de origen volcánico es el método geocronológico (Muñoz-Salinas *et al.*, 2010) el cual a partir del estudio de eventos pasados registrados geológicamente y a su vez asumiendo que estos se pudieran repetir de la misma forma en que sucedieron en el pasado, se llega a establecer mapas de amenaza, que zonifican la misma, de acuerdo a la normatividad de cada país. El método geo-cronológico intenta ser determinístico. El otro método es el probabilístico, el cual a partir de muchos escenarios reales o hipotéticos, calcula la probabilidad de que un evento de cierta magnitud llegue a afectar un lugar o zona específica. Este método cuantifica la amenaza, llegando a permitir cuantificar el riesgo, acercándose así a la definición de que el análisis del riesgo es la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir (Marzocchi *et al.*, 2007; UNISDR, 2017)

La ciencia parte del principio de que todo lo que sucede en el mundo tiene una causa o explicación. Sin embargo, la experiencia indica que no a todo se le ha podido encontrar causa o explicación completa. El caso más evidente es el de la mecánica cuántica donde se encuentra que la incertidumbre es inherente a la física de estos procesos. En el mundo macroscópico, la falta de conocimiento del ser humano hace que algunos procesos deban considerarse aleatorios, como la fecha exacta de cuándo se producirá un sismo, la cantidad de lluvia a caer sobre un lugar y fechas dadas o la magnitud y fecha exacta de una erupción. En este último caso, se recurre a niveles de alerta donde intenta establecer rangos de periodos de tiempo dentro de los cuales puede ocurrir una erupción (por ejemplo, mirar niveles de alerta en https://volcanoes.usgs.gov/vhp/alert_icons.html y Figura 2). Esto implica que en todo proceso existe cierto nivel de incertidumbre, que va desde la toma de datos, hasta las predicciones mismas que se hacen mediante los diferentes métodos de evaluación de la amenaza.

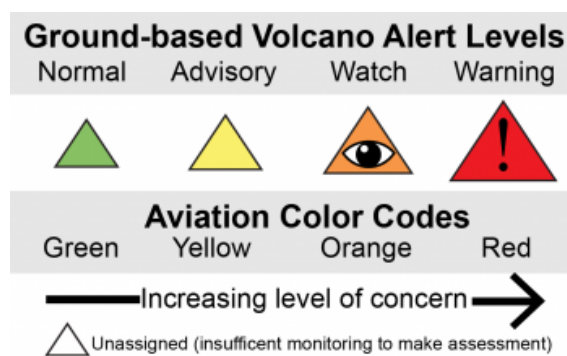


Figura 2: Niveles de alerta recomendados por el USGS. Los niveles anaranjado y rojo hablan de la probabilidad de erupción dentro de un rango de tiempo dado. (Tomada de https://volcanoes.usgs.gov/vhp/alert_icons.html)

Incertidumbre se refiere a aquella situación en la cual no se tiene completo conocimiento sobre un proceso o su resultado. Por ejemplo, en el campo de la vulcanología, el estudio de depósitos geológicos de eventos pasados se hace con un muestreo que permite encontrar en cada columna estratigráfica la secuencia de eventos geológicos sucedidos en el pasado. Sin embargo, la datación de estos eventos tiene un rango de incertidumbre, así como la identificación misma del tipo de evento que originó cierto depósito, pudiera ser fuente de discusión. Ya que comúnmente este muestreo es limitado en cantidad, para saber la extensión de estos depósitos se recurre a establecer márgenes de seguridad, debiendo asumir que el depósito se extiende cierto porcentaje más allá del último lugar muestreado (ver por ejemplo Calvache, 1990; Banks et al., 1997)

La incertidumbre surge por varias razones, entre ellas:

1. La incapacidad para explicar completamente un fenómeno
2. La incapacidad para modelar o representar adecuadamente un fenómeno
3. La incapacidad para medir u observar de manera precisa un fenómeno.

En el campo de las amenazas de origen volcánico, ejemplo del primer caso es el desconocimiento del mecanismo que dispara una erupción a mediano plazo, haciendo que su predicción sea incierta. En el segundo caso, se puede citar como ejemplo las limitantes en los modelos computacionales, como la propagación de error por redondeo unida a los errores de truncamiento de las ecuaciones que representan la física de un fenómeno. En el tercer caso es un ejemplo la limitación en el número de muestras que permitan dilucidar la geología de una zona amenazada a una escala adecuada para planificación. Es común que en los problemas reales no exista la suficiente información o la certidumbre como para establecer modelos que eliminen la incertidumbre.

Existen entonces varios tipos o niveles de incertidumbre a las que la gestión del riesgo volcánico se enfrenta (Zapata, 2010):

1. Determinismo: requiere un completo conocimiento del fenómeno.
2. Aleatoriedad: Donde se ofrecen resultados posibles, pero sin tener claridad de la causa completa del fenómeno.
3. Vaguedad o imprecisión: Cuando se tiene incapacidad para definir en forma precisa lo que ocasiona el fenómeno, así como los resultados posibles.
4. Ambigüedad: Donde algunas de las observaciones quedan sin causa claramente definida.
5. Confusión: Cuando se mezcla la ambigüedad y la vaguedad. Es decir, no hay claridad tanto en las causas del fenómeno, como las consecuencias o resultados a que inducen esas causas.

El análisis del riesgo volcánico se enfrenta de una u otra manera a todos estos tipos de incertidumbre. Por ejemplo, típicamente la evaluación de la amenaza volcánica intenta eliminar incertidumbres para que pueda llegar a ser expresada mediante mapas de carácter determinístico. Sin embargo, como se mencionó más arriba, la definición del alcance de eventos volcánicos peligrosos como por ejemplo corrientes piroclásticas de densidad presenta dificultades en su determinación, puesto que los registros geológicos (debido a factores como la erosión) no permiten definir con certeza su alcance mediante el método geo-cronológico, lo cual equivale a un tipo de incertidumbre tipo Vaguedad o Imprecisión. Además, a fin de cubrir esta imprecisión, se suele prolongar la extensión del posible alcance de esta amenaza, en una medida que queda supeditada al juicio de quienes elaboran este tipo de mapas, lo cual equivale a una incertidumbre tipo Ambigüedad. Es decir, en rigor, se estaría mezclando Imprecisión con Ambigüedad, llegando a tener una incertidumbre tipo Confusión.

Al plasmar esa evaluación de la amenaza en un mapa, puede resultar en escalas que no serían ideales para la gestión del riesgo, ya que se inducirían incertidumbres adicionales. Por ejemplo, cuando se intenta aplicar un mapa de amenazas desarrollado para una escala regional a una escala local. La Figura 3 muestra un ejemplo de esto, donde la zona de amenaza alta divide una población. Sin embargo, este mapa de amenazas está a una escala de 1:30.000, y al tratar de aplicar a una escala local, las edificaciones quedan divididas, como se muestra en la Figura 4, donde se ha ampliado la Figura 3 para mostrar que la línea que divide la amenaza alta de la amenaza media termina dividiendo casas y otro tipo de elementos expuestos. Esta división inexistente induce varias incertidumbres tanto para los tomadores de decisiones como para la población en general. Por ejemplo pudiera preguntarse si la casa que se ve está

en amenaza media o alta, o en que condición de amenaza se encuentra la moto parqueada en la calle. En estos dos casos se tiene incertidumbre tipo Confusión. Otra pregunta que se puede hacer es si es más seguro estar en el balcón de la casa que en la habitación de la izquierda. Esta sería una incertidumbre tipo Vaguedad.



Figura 3: Detalle del Mapa de Amenaza del volcán Galeras, donde se muestra que la zona de amenaza alta divide una población. La escala del mapa es 1:30.000 (Tomado de la Cuarta Versión del Mapa de Amenazas del volcán Galeras, realizado por el Servicio Geológico Colombiano)



Figura 4: Detalle de la división que resulta al aplicar una escala regional a una local. La línea roja muestra la división entre amenaza alta (a la izquierda) y media (derecha de la línea).

Estas incertidumbres se pueden cuantificar y al menos cubrir cuando se aplican métodos probabilísticos como complemento del método geo-cronológico, para lo cual se debe contemplar la amenaza como un fenómeno aleatorio, donde la incertidumbre está en la forma en que se llega a los resultados. En la aleatoriedad no se conoce con precisión ni la causa, ni la magnitud del fenómeno o incluso, puede suceder que el mismo fenómeno es impredecible. La falta de conocimiento del ser humano hace que algunos procesos deban considerarse aleatorios. Tal es el caso de las amenazas naturales en general, con el típico ejemplo de la predicción del tiempo o los eventos de origen volcánico. Por ejemplo, una oleada piroclástica o una

nube acompañante de un flujo piroclástico, cuyos depósitos no han podido ser identificados, deja la pregunta de si es posible que alcancen cierta población aparentemente no amenazada. Esta cantidad de incertidumbres obligan a que los eventos volcánicos se consideren como aleatorios.

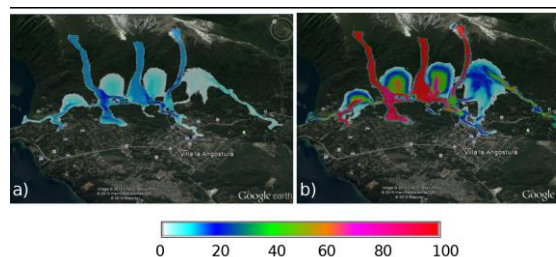


Figura 5: Distribuciones de probabilidad de inundación mayor a 20 cm para la población Villa La Angostura, provincia de Neuquén, Argentina. a) Probabilidad frecuencial. b) Probabilidad Bayesiana

La forma de tratar un evento aleatorio es de manera probabilística. En el caso de amenazas de origen volcánico debe retroalimentarse con los datos del método geo-cronológico. En este trabajo se muestran aplicaciones de esta complementariedad, en el estudio de la amenaza por lahares en Villa la Angostura, Argentina, como se muestra en la Figura 5.

El análisis de vulnerabilidad tampoco está exento de incertidumbres. Un análisis patológico y estructural detallado de cada edificación en un área amenazada o una población entera es impracticable, por lo que se recurre en general a métodos cualitativos o semi-cuantitativos para la estimación del daño esperado, en general tipificando las estructuras individuales y luego agrupándolas en bloques (Thouret et al., 2014). Esto es un trabajo dispendioso, donde el agrupamiento en tipologías generales o muy generalizadas puede inducir a incertidumbre tipo Ambigüedad y/o Imprecisión. Esto sumado a errores humanos en la toma de datos y durante el proceso de sistematización, induce a incertidumbre en el muestreo tipo Imprecisión. A fin de reducir la imprecisión y los errores de transferencia de datos entre formatos en papel y su correspondiente sistematización, se presenta en este trabajo una aplicación para Android que permite la toma de datos directa en celulares de uso común, su geo-referenciación, tipificación automática de estructuras y posterior descarga directa en el sistema de cómputo respectivo. La Figura 6 muestra uno de los pantallazos de esta aplicación. Es de notar que la aplicación cubre el ingreso de datos para el análisis de vulnerabilidad para todas las amenazas volcánicas.

Referencias

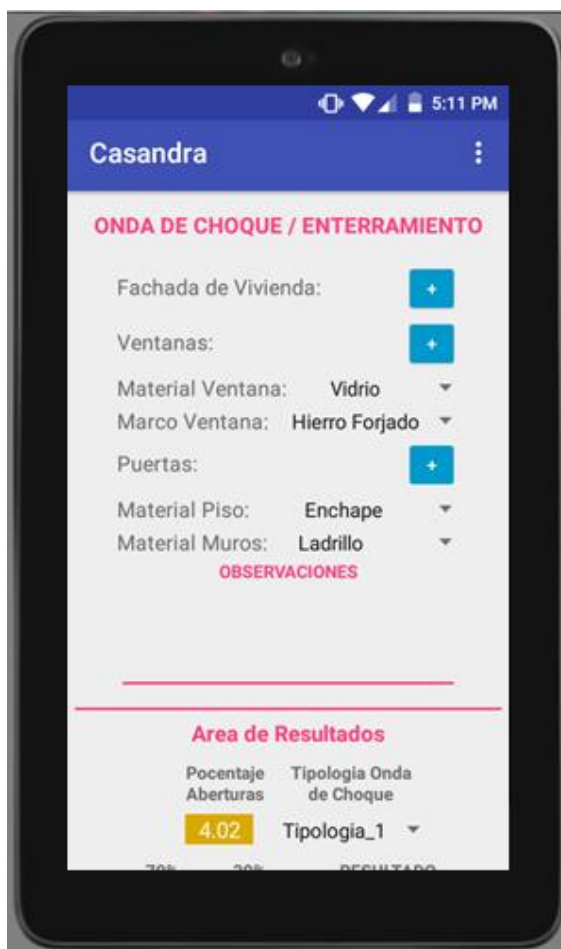


Figura 6: Pantalla de la aplicación para Android desarrollada por este trabajo. Se ve la entrada de datos para el caso de vulnerabilidad ante onda de choque.

Agradecimientos

Se agradece al equipo del Grupo de Investigación en Riesgos, Amenazas y Medio Ambiente, GRAMA, de la Universidad de Nariño por su apoyo incondicional. A Jean-Claude Thouret y Antonio Costa por las discusiones relacionadas con el tema.

- Banks, N. G., Calvache V, M. L. y Williams, S. N. (1997) "14C ages and activity for the past 50 ka at Volcán Galeras, Colombia", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 77, pp. 39–55. doi: 10.1016/S0377-0273(96)00085-6.
- Bommer, J. (2002) "Deterministic vs. probabilistic seismic hazard assessment: an exaggerated and obstructive dichotomy", *Journal of earthquake engineering*, 6(spec01), pp. 43–73. doi: doi.org/10.1142/S1363246902000644.
- Calvache, M. (1990) *Geology and Volcanology of the Recent Evolution of Galeras Volcano, Colombia*. Louisiana State University.
- Marzocchi, W. et al. (2007) "Probabilistic Volcanic Hazard and Risk Assessment", *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 88(32), p. 318. doi: 10.1029/2007EO320005.
- Muñoz-Salinas, E. et al. (2010) "On the geochronological method versus flow simulation software application for lahar risk mapping: the case study of Popocatepetl volcano, México", *Geografiska Annaler*, 92, pp. 311–328.
- UNISDR (2017) *National Disaster Risk Management Plan*. Editado por U. N. O. for D. R. Reduction. Geneva: United Nations.
- Zapata, C. (2010) *Análisis probabilístico y simulación*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en: http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso_2011_zapata_3.pdf.