

Comunicación de peligros volcánicos a corto plazo mediante el uso de mapas dinámicos en los Reportes de Actividad Volcánica en Chile

Constanza Perales¹, Virginia Toloza¹, Maira Figueroa², Gabriela Jara¹, Franco Vera¹, Felipe Flores¹, Laura Bono¹

¹ Unidad de Geología y Peligros de Sistemas Volcánicos, Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile – constanza.perales@sernageomin.cl

² Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Servicio Nacional de Geología y Minería, Temuco, Chile.

Palabras clave: Mapas de peligro, Actividad volcánica, Riesgo volcánico

La Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) es responsable del monitoreo multiparamétrico de los volcanes activos presentes en el territorio chileno, así como del levantamiento de información geológica de éstos para la reconstrucción de sus historias eruptivas, lo cual permite generar posibles escenarios eruptivos que podrían afectar a las comunidades y zonas alrededor de los volcanes.

Para llevar a cabo el monitoreo y la evaluación de los peligros asociados a cada sistema volcánico de manera sistematizada, la RNVV se conforma por dos equipos de trabajo principales: la Unidad de Geología y Peligros de Sistemas Volcánicos (UGPSV) y el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS). Este último, a su vez, se compone por las áreas de Sismología y Geovulcanología (subdivida en los grupos de Geoquímica de fluidos, Geodesia y Geología).

Aunque ambos equipos poseen actividades específicas asociadas a sus respectivos objetivos de trabajo, es necesaria la constante interacción entre ellos para complementar la comprensión del comportamiento volcánico en tiempos geológicos, histórico y actual. Esta interacción se hace efectiva mediante reuniones quincenales y mensuales, donde se realiza la evaluación de actividad volcánica. En dichas instancias, cada área informa sobre el estado de sus respectivos parámetros de monitoreo y con ello, si lo amerita, se propone una zonificación de posible afectación por procesos volcánicos.

Posterior a la revisión y evaluación de la actividad volcánica, se establece el estado de cada sistema volcánico según cuatro niveles de alerta técnica (Fig. 1).

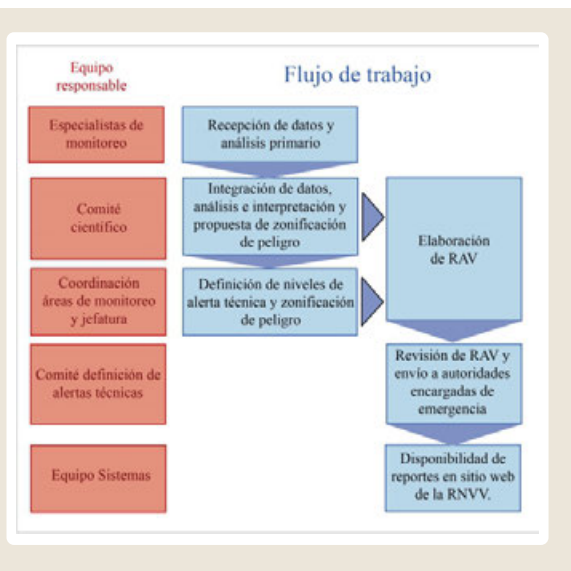
Estos niveles de alerta técnica son declarados por SERNAGEOMIN hacia la Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior (ONEMI), autoridades y ciudadanía, a través de los Reportes de Actividad Volcánica (RAV), los que son publicados periódicamente de acuerdo con el estado de alerta técnica de cada volcán. Por otra parte, cuando un sistema volcánico presenta actividad inusual o anómala en su comportamiento y es reflejada en las señales de monitoreo de OVDAS, sobre los parámetros cuantificados para los distintos niveles de alerta técnica, se emiten Reportes Especiales de Actividad Volcánica (REAV), similares a los RAV, en forma, pero enfocados en la actividad causante de dicho reporte y personalizado al sistema volcánico en cuestión. Ejemplos de actividad volcánica por las cuales se emiten REAV son la ocurrencia de sismos de magnitud local igual o superior a 3, presencia de desgasificación en centros volcánicos donde no es de usual registro, ocurrencia de enjambre o disparos sísmicos, entre otras.



► Fig. 1 –Esquema resumen de los niveles de alerta técnica de SERNAGEOMIN y periodicidad en la emisión de RAV.

En general, la información que se entrega en los RAV, ya sea quincenal o mensualmente, consiste principalmente en el estado de los parámetros de monitoreo (cantidad, energía, localización y clasificación de los sismos; deformación superficial; presencia de anomalías térmicas; descripción de actividad superficial, como emisión de partículas y/o gases, altura de columna, morfología de cuerpos efusivos u otros), junto a la declaración del nivel de alerta técnica, observaciones y, de ser necesario según la actividad volcánica registrada, una zonificación radial que represente la susceptibilidad de un sector de ser afectado por procesos volcánicos, en torno al cráter activo o posible centro de emisión.

Sin embargo, el contenido y la forma en que actualmente se presenta la información en los reportes no ha sido siempre de igual manera, habiendo evolucionado considerablemente en el tiempo, y solo a partir del año 2019, con la firma de un protocolo entre ONEMI y SERNAGEOMIN para monitoreo y alerta frente al riesgo volcánico, se establece y estandariza la emisión de reportes y compromete la incorporación de un mapa dinámico de zonificación, lo que generó una estructuración y organización en cuando al flujo de trabajo en la elaboración de los reportes (Fig. 2).



► Fig. 2 – Esquema resumen de los niveles de alerta técnica de SERNAGEOMIN y periodicidad en la emisión de RAV.

Los mapas dinámicos de zonificación de peligros volcánicos, presentados en los RAV y REAV, corresponden a la visualización geoespacial de las zonas de posible afectación por procesos volcánicos en

el corto plazo, a partir de escenarios eruptivos acordes a la actividad reflejada en los parámetros de monitoreo en curso. Esta evaluación de escenarios eruptivos a corto plazo marca la principal diferencia de los mapas dinámicos de peligros volcánicos con los Mapas de Peligros Volcánicos Regulares (MPVR) publicados por SERNAGEOMIN desde el año 1999, ya que la escala temporal de evaluación geológica para establecer la zonificación de peligro en los MPVR abarca un análisis en detalle de la historia eruptiva del sistema volcánico en estudio, comprendiendo una evaluación del peligro a largo plazo, basado en los antecedentes geológicos del sistema volcánico. En otras palabras, los mapas de peligros volcánicos regulares comprenden una diversidad de posibles escenarios eruptivos según el comportamiento del volcán en el pasado, reflejado en una zonificación del peligro más amplia espacialmente, mientras que los mapas dinámicos se ajustan al contexto actual de cada volcán.

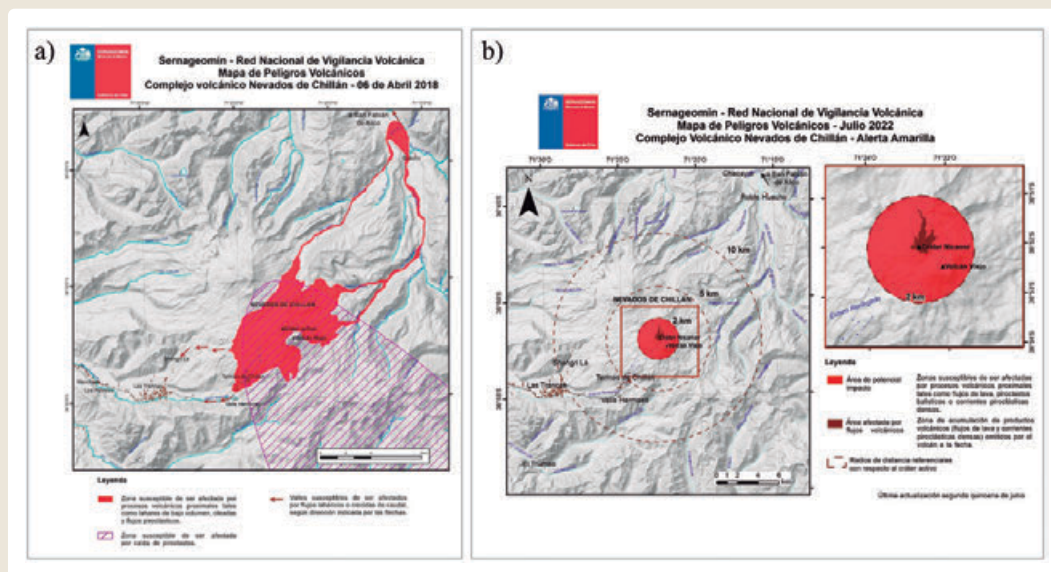
Aunque la mayoría de los sistemas volcánicos presentes en el territorio nacional que se encuentran en alerta técnica verde no presentan zonificación de peligros en mapas dinámicos, existen excepciones debido a la ocurrencia de actividad superficial como parte del comportamiento base de cada volcán. Actualmente, estos casos son los RAV de los volcanes Láscar (norte de Chile), Complejo Volcánico Planchón-Peteroa, Complejo Volcánico Laguna del Maule (Chile central), Copahue y Villarrica (sur de Chile) se presentan radios de zonificación de peligros en torno al cráter activo, que pueden abarcar desde varias centenas de metros hasta kilómetros.

Por otro lado, una oportunidad excepcional que ha permitido la evolución en la manera de reportar la zonificación de peligros en los mapas dinámicos ha sido el ciclo eruptivo actual en el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, cuyos primeros mapas dinámicos reportados, en el año 2018, se basaban en el mapa de peligros volcánicos de este sistema, publicado por SERNAGEOMIN a escala 1:75000 (Orozco et al., 2016), lo cual difiere de la zonificación de peligros a corto plazo presentadas actualmente en cada RAV y REAV (Fig. 3). Esto se debe a que el Complejo Volcánico Nevados de Chillán ha presentado actividad efusiva y explosiva en un ciclo eruptivo desde el año 2016 hasta la fecha, por lo que la comunicación y coordinaciones

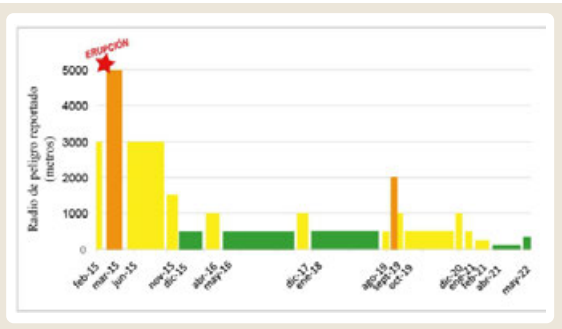
entre las autoridades encargadas de gestionar la emergencia y SERNAGEOMIN han tenido que adaptarse al contexto actual del sistema volcánico, para poder otorgar una información eficaz y clara a la comunidad local.

No obstante, se deben señalar diversos desafíos que surgen a la hora de zonificar la potencial área de afectación por procesos volcánicos a corto plazo, los cuales son de variada índole dependiendo del contexto volcanológico de cada sistema. En este sentido, el volcán Villarrica presenta la complejidad asociada al hecho de corresponder a uno de los principales atractivos turísticos del sur del país, pues el ascenso al cráter del volcán es de gran interés nacional e internacional, dada su condición de volcán con conducto abierto. Esto hace que cualquier radio de

posible afectación por procesos volcánicos propuesto en mapas dinámicos en el volcán Villarrica genere reacciones en los principales operadores turísticos de la zona, abriendo el debate sobre la convivencia entre la mitigación del riesgo volcánico y el desarrollo del turismo. Además, la variabilidad de alcances que han tenido los proyectiles balísticos en períodos de relativa quiescencia dificulta el establecimiento con certeza del radio de zonificación. No obstante, y dadas las características del volcán Villarrica, en los últimos años se ha optado por mantener la zonificación de potencial afectación por procesos volcánicos en torno al cráter (Fig. 4), la cual ha ido variando según el estado de actividad del volcán reflejado en los parámetros de monitoreo, principalmente asociados a las fluctuaciones de profundidad del lago de lava.



► Fig. 3 - Mapas dinámicos del Complejo Volcánico Nevados Chillán: a) abril de 2018, y b) en julio de 2022.



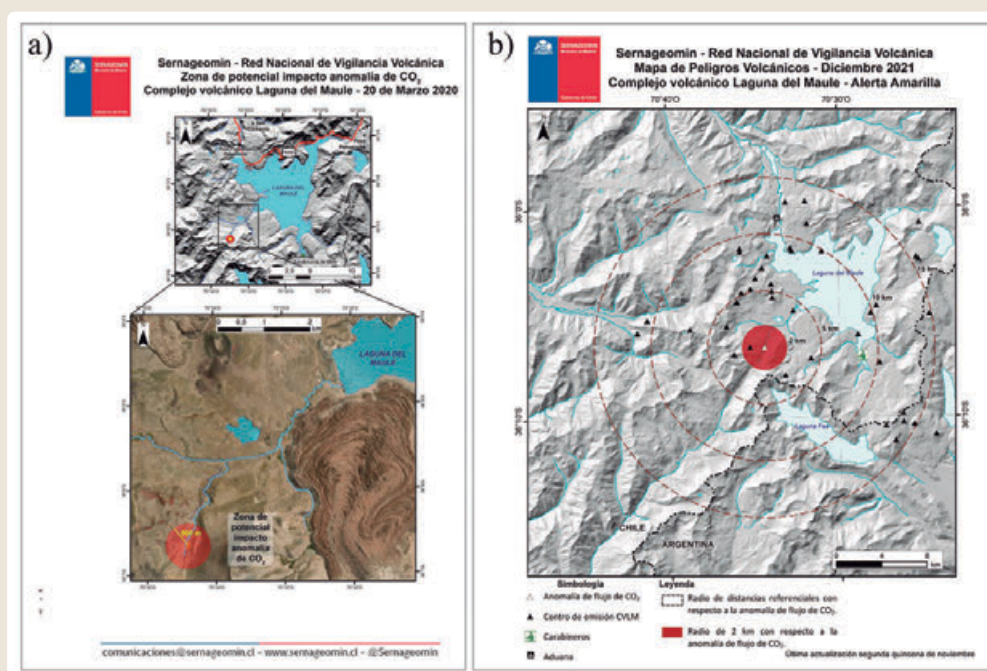
► Fig. 4 - Cronología de alertas técnicas y radios de zonificación de peligro en el volcán Villarrica, a partir de febrero de 2015.

Otro ejemplo de sistema volcánico que ha significado un desafío para los equipos de la RNW al momento de establecer radios de potencial afectación por procesos volcánicos es el Complejo Volcánico Laguna del Maule, ya que dificultad inicial en el proceso está asociada al establecimiento del centro de la circunferencia, es decir, al potencial centro de emisión. En este sistema volcánico se tiene registro geológico de diversos centros eruptivos y la ubicación de las señales sísmicas y estructuras geológicas abarca una amplia

distribución espacial y temporal. Ante esto, se han realizado esfuerzos por parte de los equipos de trabajo para disminuir la incertidumbre en cuanto a la localización más probable de centros de emisión futuros, a través de la elaboración de mapas de susceptibilidad basados en análisis multicriterio.

Sin embargo, en febrero de 2019 se detectó la presencia de CO₂ difuso en el sector denominado Cajón de Troncoso, al suroeste de la laguna, lo cual marcó un precedente en el monitoreo del complejo

volcánico y en la zonificación de peligros presentada en los mapas dinámicos entregados en los reportes. Los altos niveles de concentración de flujo de CO₂ (sobre 1200 g m⁻¹ d⁻²) conllevaron a la declaración de radios desde 500 m a 2 km en distintas temporalidades, entorno al sector donde se midió la anomalía, de acuerdo con la variación de la evaluación multiparamétrica del monitoreo volcánico (Fig. 5). De esta manera, fue posible establecer un centro de la circunferencia de manera más acertada al contexto de la actividad volcánica.



► Fig. 5 – Mapas dinámicos del Complejo Volcánico Laguna del Maule en: a) marzo de 2020 y b) diciembre de 2021.

Por otra parte, los avances que se han alcanzado en los últimos años con respecto a la forma de reportar la actividad volcánica, se basan en la necesidad de entregar información de una forma eficaz y comprensible a especialistas en volcanología, y también a personas que no necesariamente estén familiarizadas con el lenguaje técnico utilizado en la descripción de la actividad volcánica. Así, el nuevo enfoque de gestión de la información, por parte de la RNVV, está orientado a una comprensión integral de diversos usuarios sobre los parámetros de monitoreo, el reconocimiento de cada sistema volcánico como un sistema natural único en cuanto a su comportamiento y consecuente peligrosidad.

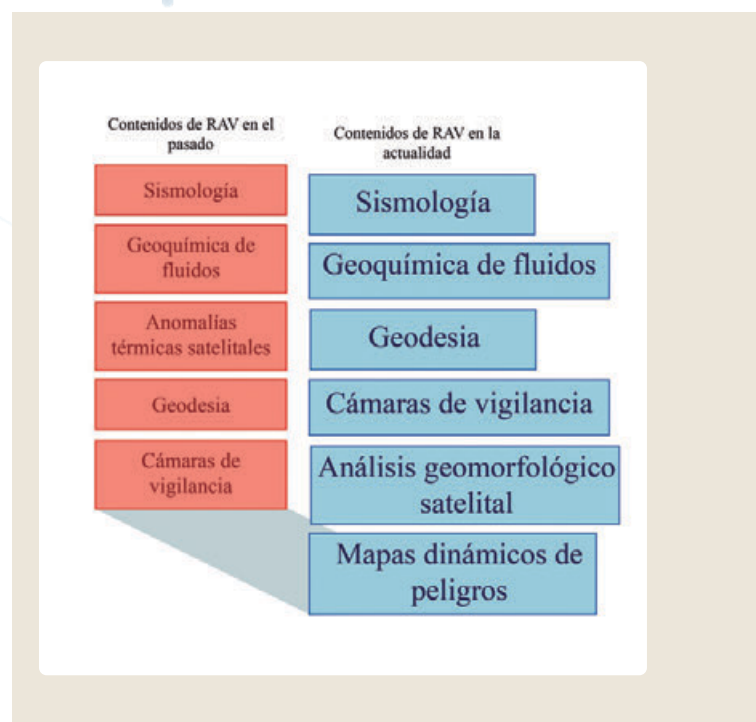
Para ello, se ha trabajado en identificar diversos usuarios o grupos de interés que acceden a la información de los reportes, para luego generar instancias de retroalimentación, a través de la aplicación de encuestas y entrevistas, y con ello mejorar la entrega de información oportuna a los organismos integrantes del Sistema de Protección Civil, geocientíficos y geocientíficas, prestadores de servicios turísticos en torno a los sistemas volcánicos y comunidad.

Aunque la evolución en los reportes de actividad volcánica en cuanto a contenidos ha sido sustancial, con respecto a los primeros RAV emitidos por la Red

Nacional de Vigilancia Volcánica de SERNAGEOMIN (Fig. 6), un aspecto importante al momento de comunicar el peligro de convivir con un sistema volcánico activo es transparentar a la comunidad civil y autoridades las zonas que son susceptibles de ser afectadas por procesos volcánicos.

Por esta razón, la implementación de mapas dinámicos en los RAV y REAV ha permitido visualizar dichas zonas de manera óptima a los usuarios. Sin embargo, tal zonificación está sujeta a incertidumbres intrínsecas de la comprensión completa de un sistema volcánico. Además, el manejo de una comunicación y concientización eficiente hacia la comunidad depende, en gran parte, de los diversos contextos socioculturales de cada población que convive con volcanes activos.

Sin duda, el reporte de actividad volcánica es un proceso dinámico que ha ido, y seguirá, evolucionando de acuerdo con los avances en herramientas de monitoreo volcánico, en modelaciones de procesos volcánicos, y en las necesidades y requerimientos de una sociedad en desarrollo.



► Fig. 6 –Comparación del contenido de la información de reportes de actividad volcánica del pasado versus actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los diversos actores encargados de la gestión del riesgo volcánico en Chile: ex funcionarios de la UGPSV y equipo de OVDAS; ONEMI; encargados de emergencias locales y comunidad civil, los que han contribuido en la mejora de la comunicación del peligro volcánico presente en el territorio.

REFERENCIAS

- Orozco, G.; Jara, G.; Bertin, D. (2016). Peligros del Complejo Volcánico Nevados de Chillán, Región del Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 28: 34 p., 1 mapa escala 1:75.000. Santiago.