



## NVEWS-CHILE: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEMICUANTITATIVA DE LA VULNERABILIDAD VOLCÁNICA

L.E. Lara<sup>1</sup>; J. Clavero<sup>1</sup>; M. Hinojosa<sup>2</sup>; S. Huerta<sup>1</sup>; R. Wall<sup>1</sup>; H. Moreno<sup>1</sup>

(1) *Servicio Nacional de Geología y Minería. lelara@sernageomin.cl*

(2) *Universidad Tecnológica Metropolitana. manhinojosa@yahoo.com*

### INTRODUCCIÓN

En Chile existen alrededor de 500 volcanes con actividad comprobada en el período Plioceno-Holoceno. De ellos, 186 tienen actividad verificada en el Pleistoceno Medio al Holoceno y 82 tienen registro seguro de actividad en el Holoceno (Simkin y Siebert, 1994; González-Ferrán, 1995). 61 volcanes chilenos han tenido ciclos eruptivos históricos y *ca.* 34 exhiben actividad visible o detectable mediante instrumentos. Sin embargo, la información disponible no permite hacer un recuento preciso de las víctimas fatales asociadas a erupciones volcánicas ni existe información confiable respecto a personas desplazadas o pérdidas económicas relacionadas. Solo en el siglo XX habrían fallecido al menos 99 personas en Chile (Whitam, 2005) mientras, en Sudamérica, la cifra superó las 23 mil y en el mundo las 90 mil. La recurrencia de los eventos volcánicos, su distribución espacial (cerca del 30% del territorio nacional está contenido dentro de áreas de peligro volcánico) y el crecimiento de la población y la economía determinan que la exposición e incidencia de estos procesos crezca en el tiempo (*e.g.*, Chester *et al.*, 2001). No obstante, en Chile no existe una evaluación objetiva, completa y de carácter nacional que permita dimensionar el problema, definir prioridades y orientar la política pública en materia de ordenamiento territorial, pronóstico o manejo de emergencias. Algunos esfuerzos previos consistieron básicamente en diagnósticos de escala regional para definir prioridades de monitoreo o cartografía geológica en el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur o el Programa de Riesgo Volcánico, ambos de SERNAGEOMIN. Se presenta aquí una primera versión de un sistema de evaluación basado en la consideración integrada de factores de peligro intrínseco de cada centro volcánico y factores de exposición asociados a ellos. Se considera en este análisis los estratovolcanes geológicamente activos, definidos aquí como aquellos que han presentado ciclos eruptivos en el Holoceno o que siendo su último registro del Pleistoceno manifiestan actividad perceptible en la actualidad (Fig. 1). Se trata, en esta primera etapa, de una adaptación del sistema

desarrollado recientemente por el USGS (NVEWS; Ewert *et al.*, 2005) que, combinado con indicadores nacionales, pretende contribuir a una mirada objetiva del problema y a orientar sus soluciones desde la perspectiva de una estrategia de desarrollo nacional.

### EL SISTEMA NVEWS-CHILE

Este sistema de evaluación, adaptado del que desarrollaran recientemente Ewert *et al.* (2005) para Estados Unidos, se basa en una clasificación simple estructurada sobre la consideración de factores de peligro volcánico como: Tipo de volcán; Máximo VEI (Índice de Explosividad Volcánica sensu Newhall y Self, 1982); Ocurrencia de actividad explosiva en los últimos 500 años; Recurrencia eruptiva; Ocurrencia en el Holoceno de flujos piroclásticos, lahares o lavas; Potencial de explosiones hidrotermales; Ocurrencia de tsunamis en el Holoceno (aplicable a islas volcánicas); Potencia de colapso parcial del edificio; Existencia de fuente primaria de lahares (hielo/detritos); Actividad sísmica observable; Deformación de terreno observable; Actividad fumarólica o desgasificación magmática. Estos parámetros se evaluaron de acuerdo a un criterio preestablecido a partir de información pública e inédita disponible y la suma de ellos origina un puntaje asociado al peligro volcánico para cada centro eruptivo considerado.

Por otra parte, la exposición o vulnerabilidad se evalúa considerando: Población contenida en un radio de 30 km; Población contenida en la envolvente de peligro



**Fig. 1.** Volcanes geológicamente activos de Chile, distribución de población e infraestructura mayor.

volcánico; Víctimas fatales históricas; Evacuaciones históricas; Exposición aeronáutica local y regional; Infraestructura energética; Infraestructura de transporte; Desarrollos urbanos mayores o áreas ecológicamente sensibles; Población insular. La evaluación de estos parámetros reviste mayor complicación. En primer lugar, se construyó una base de datos demográficos a partir del Censo de 2002 desagregados por unidad censal y considerando las diferentes entidades demográficas. Con esa información se construyó una grilla mediante interpolación automática y se cuantificó la población contenida en los buffer respectivos. Datos relativos a la infraestructura y otros fueron también extraídos de bases de datos institucionales y analizados directamente. Las áreas de peligro volcánico fueron obtenidas a partir de una compilación escala 1:250.000, de alcance nacional y preparada para CONAMA-MINVU (Comisión Nacional del Medioambiente/Ministerio de Vivienda y Urbanismo) en el marco de los Planes Regionales de Desarrollo Urbano y Territorial y la Evaluación Ambiental Estratégica. El producto de ambas sumas entrega un valor de la 'amenaza' o 'vulnerabilidad', es decir, peligrosidad y exposición antes de considerar la capacidad de mitigación o los costos económicos asociados y ofrece un diagnóstico previo a la intervención de la política pública.

### **VULNERABILIDAD, POBLACIÓN E INFRAESTRUCTURA**

El resultado de este análisis permite reconocer arbitrariamente 5 tipos básicos de volcanes activos estando los más riesgosos situados en Chile centro-sur, particularmente entre las regiones VII y X (Fig. 2). Los Andes Centrales presentan 2 casos en las categorías superiores mientras en los Andes del Sur alcanzan a 11. En parte, este resultado se origina en la distribución de la población residente y la mayor cantidad de infraestructura mayor amenazada aunque, afortunadamente y a escala nacional, la población muestra un decrecimiento sostenido de su densidad según disminuye la distancia radial a cada volcán activo. Esta situación es radicalmente diferente en otras regiones del mundo como el sudeste asiático o Centroamérica (Small y Naumann, 2001), lo que explica también la magnitud de algunas catástrofes históricas en esas áreas y los programas internacionales de asistencia.

### **COMENTARIOS FINALES Y TRABAJO FUTURO**

Las conclusiones de este estudio en curso, en principio probablemente intuitivas, permiten establecer un sistema de evaluación semicuantitativa de la vulnerabilidad que puede actualizarse periódicamente según la información disponible. En una fase siguiente, los parámetros evaluados

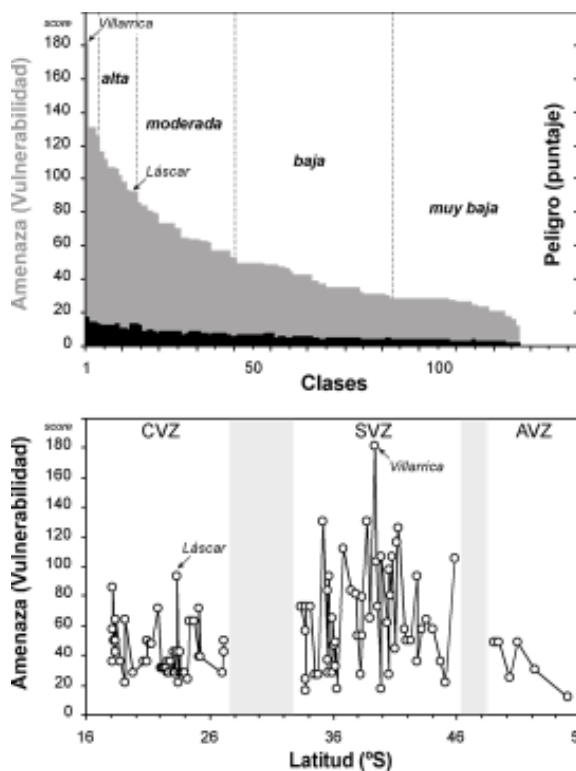
podrán ampliarse o adaptarse a información más específica (*e.g.*, tráfico aéreo; población flotante; flujos migratorios y comerciales, entre otros) para producir resultados sintéticos más certeros organizados en una base de datos y adecuados para la generación de políticas sectoriales de mitigación y ordenamiento territorial, sistemas de reaseguramiento y otras políticas públicas de impacto regional y nacional.

### AGRADECIMIENTOS

J.W. Ewert (USGS), desarrollador de NVEWS en EE.UU., ha estimulado su aplicación en Chile y compartido datos inéditos de su trabajo en curso. Este resumen es una contribución al Programa de Riesgo Volcánico de SERNAGEOMIN y ha sido autorizado y patrocinado por la Subdirección Nacional de Geología.

### REFERENCIAS

- Chester, D.K.; Degg, M.; Duncan, A.M.; Guest, J.E. 2001. The increasing exposure of cities to the effects of volcanic eruptions: a global survey. *Environmental Hazards* No.2, p. 89-103.
- González-Ferrán, O. 1995. *Volcanes de Chile*. Instituto Geográfico Militar, Santiago, 640 p.
- Newhall, C.; Self, S. 1982. The Volcanic Explosivity Index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research* No. 87, p. 1231-1238.
- Simkin, T.; Siebert, L. 1994. *Volcanoes of the world*. Geoscience Press, Tucson, 349 p.
- Small, C., Naumann, T., 2001. The global distribution of human population and recent volcanism. *Environmental Hazards* No. 3, p. 93– 109.
- Witham, C.S. 2005. Volcanic disasters and incidents: A new database. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* Vol. 148, Nos. 3-4, p. 191-233.



**Fig. 2.** Amenaza (Vulnerabilidad) total (gris) y peligro volcánico (negro) evaluados con NVEWS-CHILE y, abajo, distribución latitudinal de la amenaza.