

# Trabajos del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET para reducir los riesgos volcánicos en el Perú

Edu Taipei Maquerhua<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Arequipa - edtaipe@ingemmet.gob.pe

**Palabras clave:** GRD, Volcanes Activos, Peligro volcánico.

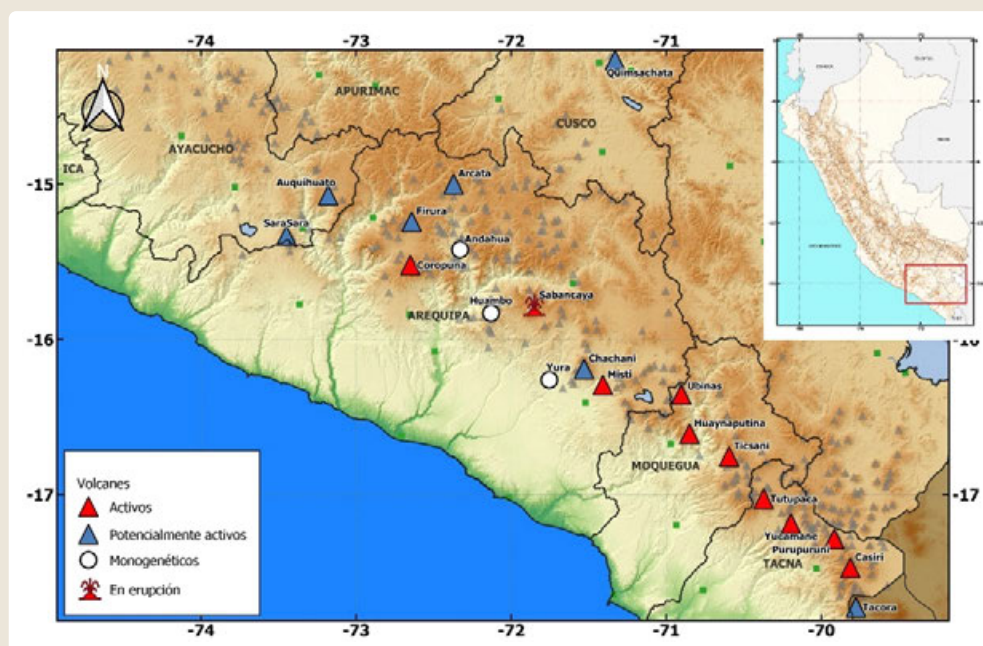
## INTRODUCCIÓN

La actividad volcánica es un proceso geológico majestuoso que ha despertado la admiración de muchas culturas en el mundo, convirtiendo a los volcanes en actores principales de historias míticas. Sin embargo, la historia también nos ha demostrado que la majestuosidad viene acompañada de efectos devastadores para el hombre y el medio ambiente. Entender estos procesos es una tarea imprescindible para un desarrollo sostenible, ya que conociendo mejor los volcanes sabremos prepararnos para enfrentar una erupción.

En el Perú se han identificado hasta 10 volcanes activos y 10 volcanes potencialmente activos que incluyen 3

campos monogenéticos (Bromley et al., 2019; Rivera et al., 2020), de un total de 402 estructuras volcánicas (Fidel et al. 1997), todas ubicadas en la región sur del Perú en las regiones de Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Cusco y Puno (Fig. 1), alrededor de estos volcanes vive una población de cerca de 2 millones de habitantes y se localiza infraestructura pública y privada expuestas ante una erupción volcánica. Estas características geológicas ponen al Perú en condición de riesgo volcánico.

Conscientes de esta situación, el INGEMMET como servicio geológico del Perú, desarrolla actividades de monitoreo volcánico y proyectos de investigación con el objetivo de contribuir en la reducción del riesgo volcánico.



► Fig. 1 La afiliación de los autores tiene que estar escrito en Fuente Arial, 8 puntos en itálica. Se requiere el correo del autor que realizará la presentación, y él/ella será considerado como el autor para la comunicación.

## METODOLOGÍA

La política del estado peruano en relación a la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), contiene principios, objetivos prioritarios, lineamientos estratégicos, que orientan la actuación de todos los involucrados de manera articulada y participativa, con la finalidad de proteger la integridad de la vida de las personas, sus medios de vida y propender hacia el desarrollo sostenible del país. Estos lineamientos de GRD se establecieron con la creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) mediante ley N° 29664 y su reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 048-2011-PCM. En uno de sus artículos esta normativa establece que: "(...) La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones, y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno y de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y el Estado" (Ley N° 29664). Se establece así mismo que la GRD tiene 3 componente: (1) Gestión Prospectiva, (2) Gestión Correctiva y (3) Gestión Reactiva; y se desarrollan mediante los procesos de Estimación del Riesgo, Prevención, Reducción del Riesgo, Preparación, Respuesta y Rehabilitación/Reconstrucción. Uno de los pilares de esta estructura es el conocimiento del peligro y se menciona en el título I, artículo 3 "La gestión del riesgo de desastres está basada en la investigación científica y de registro de información...", por tanto, se

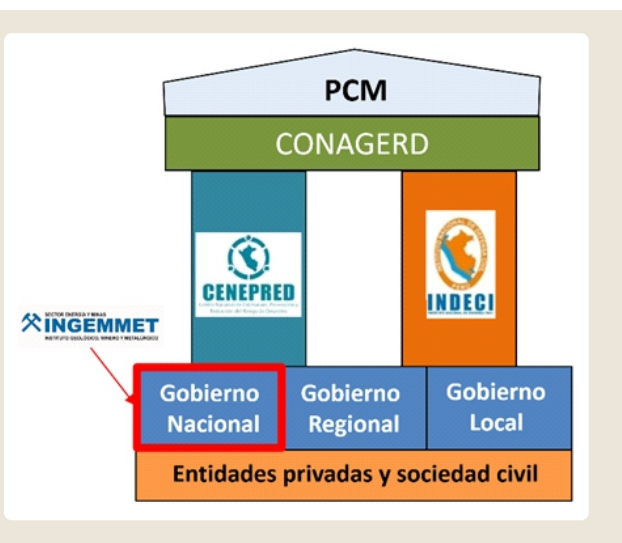
necesita conocer las características del peligro para definir y establecer las estrategias para ejecutar el sistema de gestión de riesgo de desastres.

En cumplimiento de esta normativa, el INGEMMET como parte del SINAGERD (Fig. 2) y en el marco de sus funciones y competencias ejecuta proyectos y actividades orientadas a fortalecer la capacidad de la GRD en la componente de conocimiento del peligro, basada en la investigación de los procesos geológicos monitoreo científico de los peligros geológicos.

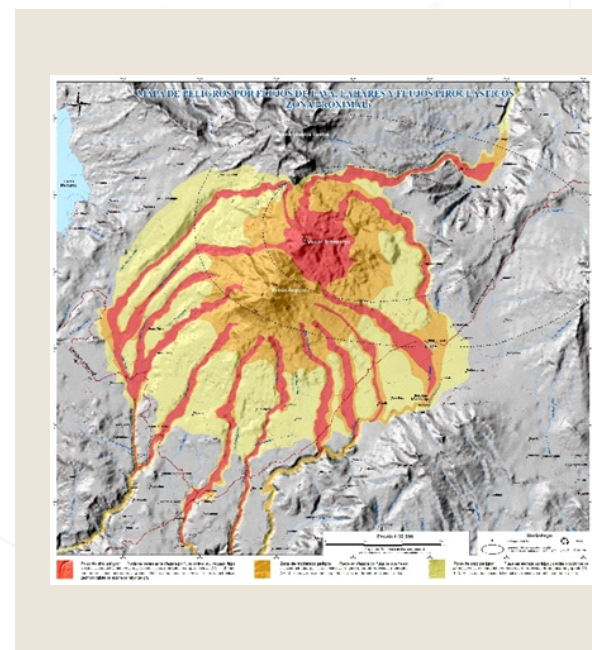
En esa línea técnica, científica y legal, en el 2013, después de un sostenido avance en el estudio y monitoreo de peligros volcánicos, el INGEMMET crea su Observatorio Vulcanológico - OVI (Resolución de Presidencia N° 037-2013-INGEMMET/PCD), con el objetivo claro y sustentable de "(...) efectuarán trabajos en las distintas áreas de la vulcanología y cuyo fin es la investigación, monitoreo volcánico, la prevención y mitigación de desastres de origen volcánico, (...)". La creación del OVI fue ratificada el 2021 (Resolución de Gerencia General N° 0054-2021-INGEMMET/GG).

### Avances en la reducción de riesgo volcánico

La gestión de riesgo volcánico es estar preparados ante una erupción volcánica, para estar preparados es



► Fig. 2 Conformación del SINAGERD, el INGEMMET integra este sistema como parte del gobierno nacional al estar adscrito al MINEM.



► Fig. 3 Mapa de peligros por flujos de lava, Lahares y flujos piroclásticos (Zona proximal), volcán Sabancaya (Rivera et al. 2015).

necesario tener información confiable y oportuna sobre el peligro volcánico. Para lograr ello, en el OVI los trabajos se distribuyen en tres áreas:

### Geología y evaluación de peligros

Consiste contar con estudios detallados de la geología de los volcanes, con el objetivo de elaborar los mapas de peligros volcánico (Fig. 3), documentos base para el manejo de una crisis volcánica, en los programas de educación, sensibilización y sobre todo en el plan de ordenamiento territorial.

Los mapas de peligro se construyen evaluando cada uno de los peligros volcánicos y se basa en el conocimiento de la historia eruptiva; los tipos de productos emplazados en erupciones pasadas; los alcances máximos y; en la magnitud y frecuencia de estos eventos, principalmente en los últimos 50 mil años. Para ello se efectúa una recopilación, interpretación y síntesis de la información geológica, volcanológica, geoquímica y estratigráfica. Toda la información se sistematiza en sistemas de información geográfica (SIG).

En la evaluación de los peligros y la elaboración del mapa, el OVI desarrolla proyectos liderados por investigadores, peruanos en cooperación con investigadores extranjeros de amplia experiencia en la preparación de este tipo de información cartográfica. Es así que se ha elaborado y publicado 6 mapas de peligros volcánicos: Sabancaya (Rivera et al. 2015), Ubinas (Rivera et al. 2011), Misti (Mariño et al. 2016), Tutupaca (Mariño et al. 2019), Sara Sara (Rivera et al. 2020) y Yucamane (Rivera et al. 2018). Se encuentran en proceso de elaboración los mapas de los volcanes Coropuna, Chachani, Huaynaputina, Ticsani y Casiri.

Así mismo, los constantes avances tecnológicos (hardware y software) ha hecho posible mejorar la calidad de simulaciones de los diferentes escenarios de erupción volcánica. Los resultados permiten establecer de forma más precisa las áreas que podrían resultar afectadas por cada uno de los peligros volcánicos (Delgado et al., 2018). Considerando estas circunstancias es que se viene trabajando en la actualización del mapa de peligros del volcán Misti, cuya primera versión fue publicada el año 2007.

### Monitoreo de volcanes activos

El monitoreo del peligro es una tarea muy importante en la GRD, para ello es necesario la implementación de redes de monitoreo instrumental que permitan identificar parámetros precursores de erupciones volcánicas.

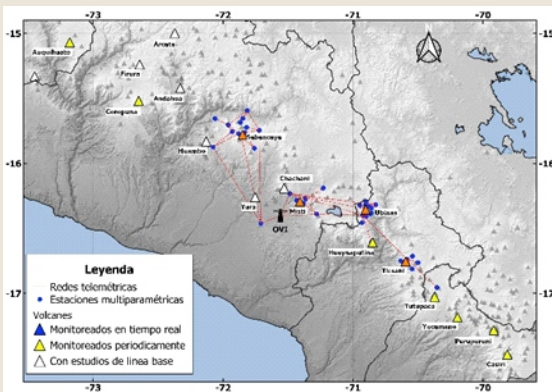
El OVI realiza el monitoreo de volcanes activos desde el 2005, se inició en los volcanes Ubinas y Misti y se amplió progresivamente a todos los volcanes activos, este monitoreo consistió en el muestreo periódico de fuentes termales, fumarolas, estudios de caracterización sismovolcánica y mediciones geodésicas para establecer líneas base de deformación cortical en ambientes volcánicos. Con la información obtenida se diseñaron las redes de monitoreo multiparamétricas permanentes, los que se vienen implementando progresivamente desde el año 2013, de acuerdo al ranking de amenaza volcánica relativa se inició la implementación de las redes en los volcanes Misti, Ubinas, Sabancaya y Ticsani; con más de 8 millones de soles de inversión pública. Las redes de monitoreo están compuestas de estaciones multiparamétricas (Fig. 4), con estructuras adaptadas para proteger a los sensores de medición y equipos de telecomunicación de la intemperie y vandalismo. El soporte energético es mediante paneles solares y baterías de litio, mientras que la transmisión de datos se realiza a través de radioenlaces VHF, UHF y redes WLAN.



► Fig. 4 Estación multiparamétrica para monitoreo volcánico.



Actualmente el OVI mantiene una red de monitoreo en tiempo real en los volcanes Sabancaya, Ubinas, Misti y Ticsani; monitoreo periódico en los volcanes Casiri, Purupuruni, Yucamani, Tutupaca, Huaynaputina, Coropunay Ahuquihuato; mientras que en los volcanes considerados potencialmente activos se desarrollan estudios base para caracterizar los parámetros de actividad volcánica (Fig. 5).



► Fig. 5 Mapa de las redes de monitoreo volcánico.

El monitoreo en el OVI tiene un enfoque multidisciplinario e integral, usando todas las herramientas disponibles para un completo seguimiento de los parámetros de actividad volcánica, los que están agrupados en:

- Actividad Sísmica volcánica
- Deformación de la superficie volcánica
- Parámetros de gases
- Estado térmico del edificio volcánico
- Columna de Gases y/o Ceniza

- Parámetros físico-químicos en fuentes de agua.
- Ondas Acústicas Volcánicas
- Productos Volcánicos Emitidos y Procesos Asociados

Los productos del monitoreo volcánico para la GRD son informes técnicos publicados anualmente; reportes vulcanológicos publicados con frecuencia diaria, semanal o mensual dependiendo del nivel de actividad volcánica (Fig. 6) y; avisos de ocurrencia de peligro volcánico. Esta información es remitida los integrantes del SINAGERD.

Fig. 6 – Ejemplo de un reporte vulcanológico del estado de actividad del Sabancaya.



► Fig. 6





► Fig. 7 Diferentes actividades de difusión realizadas en el OVI.

### Educación y Difusión

El objetivo de esta área es difundir el conocimiento que se genera en el OVI sobre la geología, los peligros y el monitoreo volcánico, una tarea muy importante dentro de la GRD. Entre las actividades más resaltantes tenemos:

- Difusión de los reportes vulcanológicos y avisos de ocurrencia de peligros volcánicos.
- Participación en los Comités Técnico-Científico Regionales en Arequipa, Moquegua y Tacna para atención de las crisis volcánicas y asesoramiento técnico-científico en ordenamiento territorial y reducción del riesgo volcánico (Fig. 7A).
- Edición y distribución de material de difusión: trípticos, infografía, videos educativos, cuadernillos, etc. (Fig. 7B).
- Difusión de los mapas de peligros volcánicos a las municipalidades, instituciones privadas y públicas de las zonas de influencia de cada uno de los volcanes (Fig. 7C).
- Habilitación de espacios físicos para la sensibilización sobre riesgo volcánico. En el Observatorio Vulcanológico se recibe constantemente la visita de estudiantes, instituciones públicas, privadas y público en general (Fig. 7D). En el "Centro de Sensibilización Para la Gestión de Riesgos", ubicada en el local de INDECI, DDI Arequipa; se tiene habilitada la Sala Temática de Riesgo Volcánico.

- Organización de eventos de difusión, entre los que se encuentran los foros internacionales sobre peligro volcánicos.
- Organización de cursos y talleres sobre vulcanología básica y cartografiado de campos volcánicos para estudiantes universitarios y profesionales.
- Participación activa en la organización de simulacros de evacuación por erupción volcánica (Fig. 7E).
- Organización de charlas, talleres de sensibilización para escolares y público en general sobre volcanes y peligros volcánicos en zonas expuestas a riesgo volcánico (Fig. 7F).
- Brindar información mediante plataformas digitales. Se tiene operativa la página web del OVI, que contiene información sobre los volcanes activos y potencialmente activos del Perú, reportes y redes de monitoreo volcánico, mapas geológicos y mapas de peligros volcánico. Se puso en funcionamiento el panel de visualización del monitoreo volcánico ([ovi.ingemmet.gob.pe/panelview/index.html](http://ovi.ingemmet.gob.pe/panelview/index.html)) en tiempo real.

De esta manera el OVI promueve activamente una cultura de difusión de la información generada en los proyectos de investigación y actividades de monitoreo volcánico. El objetivo es propiciar una cultura de prevención basada en el conocimiento del peligro.

## CONCLUSIONES

Hay un importante y sostenido aporte del INGEMMET mediante el OVI a la reducción del riesgo volcánico mediante la generación de conocimiento del peligro, monitoreo del peligro y su oportuna difusión en los diferentes niveles del SINAGERD.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al INGEMMET por la oportunidad de participar en la incansable labor de contribuir en la gestión de riesgo de desastres volcánicos mediante su observatorio vulcanológico -OVI.

## REFERENCIAS

- ▶ Bromley, G.R.M., Thouret, J., Schimmelpfennig, I., Mariño, S., Valdivia, D., Rademaker, K., Vivanco, S., Aster Team, Aumaître, G., Bourlès, D., Keddadouche, K. (2019). In situ cosmogenic  $^3\text{He}$  and  $^{36}\text{Cl}$  and radiocarbon dating of volcanic deposits refine the Pleistocene and Holocene eruption chronology of SW Peru. *Bulletin of Volcanology*, 81(11), 64.
- ▶ Delgado, H., Alatorre-Ibarguengoitia, M., Pozzo, A., Arana-Salinas, L., Bonasia, R., Capra, R., Cassata, W., Cordoba, G., Cortés-Ramos, J., Ferrés, D., Fonseca, R., Garcia, A., Pinto, G., Guerrero, D., Jaoimes, M.C., Macías, J.L., Nieto, J., Nieto, A., Portocarrero, J., Rodriguez, D., ...Tellez, E. (2018). Estudios geológicos y actualización del mapa de peligros del volcán Popocatepetl.
- ▶ Fidel, L., Morche, W. & Núñez, S. (1997). Inventario de volcanes del Perú. Proyecto: Álbum de mapas de riesgos volcánicos de las principales ciudades del Suroeste del Perú. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica 15, 80 p.
- ▶ Decreto Supremo. N° 048-2011-PCM. Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. (19 de febrero de 2011). Normas Legales N° 436456. Diario Oficial El Peruano
- ▶ Mariño, J., Rivera, M., Thouret, J.C. & Macedo, L. (2016) - Geología y mapa de peligros del volcán Misti. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 60, 170 p.
- ▶ Mariño, J., Samaniego, P., Manrique, N., Valderrama, P., Macedo, L. (2019) - Geología y mapa de peligros del Complejo Volcánico Tutupaca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 66, 165 p., 2 mapas.
- ▶ Rivera, M., Mariño, J. & Thouret, J-C. (2011) - Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 88 p.
- ▶ Rivera, M., Mariño, J., Samaniego, P., Delgado, R., Manrique, N. (2015) - Geología y evaluación de peligros del complejo volcánico Ampato - Sabancaya (Arequipa). INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 61, 122 p.
- ▶ Rivera, M., Samaniego, P., Vela, J. & Le Pennec, J-L. (2018) - Geología y evaluación de peligros del Complejo Volcánico Yucamane - Calientes (Candarave - Tacna). INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 65, 128 p., 2 mapas.
- ▶ Rivera, M., Cueva, K., Le Pennec, J.L., Vela, J., Samaniego, P., et al. (2020). Geología y evaluación de peligros del volcán Sara Sara (Ayacucho). INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 78, 154 p., 2 mapas.