

# OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL INGEMMET (OVI): HERRAMIENTA PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO EN EL SUR DEL PERÚ

Jersy Mariño (1), Marco Rivera (1), Luisa Macedo (1), Domingo Ramos (1), Yanet Antayhua (1), Edu Taipe (1), Pablo Masías (1), Nélida Manrique (1), Patricio Valderrama (1), Rosario Paxi (1), Fredy Apaza (1), Ivonne Lazarte (1)  
1 INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, Observatorio Vulcanológico del INGEMMET,. Barrio Magisterial N° 2, B-16, Urb. Umacollo, Yanahuara, Arequipa, Perú  
E-mail: jmarino@ingemmet.gob.pe

## INTRODUCCIÓN

El Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en su sesión del 15 de marzo del 2013, aprobó la Creación del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI). Dicha creación fue ratificada mediante Resolución de Presidencia Nro. 037-2013-INGEMMET/PCD. La creación del OVI se enmarca en el Reglamento de Organización y Funciones del INGEMMET (Decreto Supremo, Nro. 035-2007-EM), que en su Artículo 3, de Ámbitos de Competencia y Funciones, señala "Identificar, estudiar y monitorear los peligros asociados a movimientos en masa, actividad volcánica, aluviones, tsunamis y otros". La creación del OVI se realiza luego de más de 8 años de trabajo en el que el INGEMMET conforma progresivamente un equipo de investigación y monitoreo interdisciplinario de volcanes activos. Progresivamente se vinieron adquiriendo diversos equipos de monitoreo e implementando sistemas de vigilancia instrumental en los volcanes.

## ¿QUÉ ES EL OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL INGEMMET (OVI)?

El OVI es un centro de investigación y monitoreo de volcanes activos del sur del Perú, de carácter interdisciplinario, ubicado en la ciudad de Arequipa, cuyo fin es estudiar los volcanes activos, determinar la naturaleza y probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica a través del monitoreo sistemático y constante; evaluar los tipos de peligros volcánicos en base a estudios geológicos; y proporcionar alertas oportunas a la sociedad sobre actividad volcánica inminente, a fin de reducir el riesgo de desastre en el sur del país.

## FUNCIONES DEL OVI

El OVI tiene seis funciones principales:

- Realizar el monitoreo permanente, integral y en tiempo real de los volcanes activos del sur peruano. Para ello se viene implementando instrumentación sísmica, geoquímica, geodésica y visual.
- Determinar los niveles de alerta durante crisis volcánicas y efectuar pronósticos de erupciones volcánicas.
- Realizar estudios geológicos, evaluación de peligros y elaborar mapas de peligros volcánicos.
- Brindar asesoramiento a la sociedad en reducción del riesgo volcánico.
- Difundir el conocimiento vulcanológico, a través de boletines, reportes, comunicados y materiales de divulgación.
- Promover la formación y capacitación de profesionales en las diferentes ramas de la vulcanología.

## EL RIESGO VOLCÁNICO Y LA IMPORTANCIA DE CONTAR CON UN OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO EN EL PERÚ

El origen y evolución de los volcanes, son procesos geológicos, que para su cabal comprensión son estudiados por las distintas ramas de la geología, como la vulcanología, geofísica, geoquímica, geodesia, petrología, etc. Según la Estrategia Internacional Para la Reducción de Desastres (EIRD), de las Naciones Unidas (ONU), "las amenazas / peligros geológicos incluyen procesos terrestres internos, tales como actividades y emisiones volcánicas".

En el sur peruano se localizan 7 volcanes activos: Sabancaya, Misti, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Yucamane y

Tutupaca que han presentado actividad durante los últimos 500 años. La más grande erupción explosiva registrada en épocas históricas fue la originada por el volcán Huaynaputina (Moquegua), ocurrido en el año de 1600 D.C., que ocasionó la muerte de aproximadamente 1500 personas y la destrucción total de 15 poblados.

Por otro lado, hasta el año 2006 ninguno de los volcanes activos contaba con sistemas de monitoreo que permitan conocer con anticipación la proximidad de una erupción. Tal es así que las erupciones del Sabancaya (1988-1998) y Ubinas (2006-2009) tomaron por sorpresa a las instituciones científicas como el INGEMMET.

### Población en riesgo

Dentro del radio de influencia de nuestros volcanes habitan cerca de 3 millones de personas, en las regiones de Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno. El caso más alarmante lo representa la ciudad de Arequipa, con cerca de 1 millón de habitantes, localizada a menos de 17 km del cráter del Misti. Gran parte de la población en riesgo se encuentra deficientemente preparada para afrontar una erupción volcánica.

### Infraestructura hídrica y energética en riesgo

El sur peruano cuenta con importantes obras de infraestructura hídrica y energética, vitales para el desarrollo socio-económico, las cuales se encuentran en riesgo debido a la presencia de volcanes activos que presentaron actividad eruptiva reciente. Las obras más importantes expuestas a una reactivación volcánica son las siguientes:

- El Sistema Hídrico del río Chili, conformado por 7 represas (400 millones m<sup>3</sup>) que abastece de agua a la ciudad de Arequipa y terrenos de cultivo.
- La planta de tratamiento de agua potable La Tomilla, que suministra agua potable a más del 90% de la población de Arequipa.
- Canales del Proyecto Especial Majes-Siguas y la represa Pasto Grande, cuya construcción e implementación demandaron una inversión del Estado de \$ 1000 millones y \$ 204 millones de dólares respectivamente.
- Las centrales hidroeléctricas del río Chili: Charcani I, II, III, IV, V (805 MWh).

### Actividad minera en riesgo

En el sur peruano se tienen importantes proyectos y operaciones mineras en riesgo. Resaltan la mina Cerro Verde ubicada a 30 km al suroeste del Misti; las minas Caylloma, Arcata, Orcopampa, Shila y Ares, localizadas al norte de los volcanes Sabancaya y Andahua-Huambo-Orcopampa; los proyectos Chapi y Calatos, localizados al oeste del Ubinas y Huaynaputina; asimismo las minas Cuajone, Toquepala, Tucari, Santa Rosa y los proyectos Quellaveco y El Chorro, cercanos al Ticsani, Tutupaca y Yucamane. Estos volcanes eventualmente presentan

actividad eminentemente explosiva, con emplazamiento de volúmenes importantes de cenizas, las cuales representan el mayor peligro para las operaciones mineras. Estas cenizas pueden afectar seriamente los motores de los sistemas de ventilación, compresión, transporte y plantas concentradoras, así como contaminar las canchas de lixiviación. Pero el riesgo mayor para las operaciones mineras, representa la potencial contaminación de sus fuentes de abastecimiento de agua, debido a caídas de ceniza, flujos piroclásticos y emplazamiento de lahares. En este último caso son más vulnerables las lagunas Suchez y Viscachaz, contiguas al Ticsani, Tutupaca y Yucamane, que abastecen agua a las minas Cuajone y Toquepala.

## ÁREAS DE TRABAJO Y ESTRUCTURA DEL OVI

El OVI está adscrito a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, posee tres áreas de trabajo principales:

a) Geología y evaluación de peligros, cuya función es realizar investigaciones geológicas, petrológicas y geoquímicas para conocer los tipos de actividad eruptiva pasada de los volcanes, así como determinar la frecuencia y la magnitud de las erupciones pasadas, permitiendo así dar una respuesta a preguntas como ¿dónde y que tipos de actividad pueden presentar los volcanes en una próxima erupción?.

b) Monitoreo volcánico, cuya función es realizar trabajos de monitoreo volcánico empleando técnicas geofísicas, geoquímicas, geodésicas (deformación) que nos permitirá conocer ¿cuándo? un volcán puede entrar en erupción y de esta manera emitir alertas tempranas a la sociedad que podría ser afectada por dicha erupción.

c) Educación y difusión, cuyo objetivo es difundir el conocimiento sobre la geología, los peligros geológicos y el monitoreo volcánico que genera el INGEMMET, lo cual es vital para la seguridad física, la ocupación planificada del territorio y el desarrollo del sur peruano.

## RECURSOS HUMANOS DEL OVI

Actualmente el OVI cuenta con 13 especialistas, entre geólogos, vulcanólogos, geoquímicos, geofísicos, geodestas, electrónicos y especialistas en educación y difusión, representando así el más importante equipo para la investigación y monitoreo de volcanes que existe en el Perú. Adicionalmente contamos con 01 investigador residente del IRD-Francia y más de 10 investigadores cooperantes extranjeros, con quienes venimos desarrollando diversos proyectos. Es importante recalcar que personal del OVI viene recibiendo una continua capacitación en diversos observatorios vulcanológicos del mundo (EE.UU, Francia, México, Costa Rica, Ecuador, Colombia, etc.).

## LABORATORIOS DEL INGEMMET QUE VIENEN CONTRIBUYENDO EN EL FUNCIONAMIENTO DEL OVI

El INGEMMET cuenta con gabinetes y laboratorios especializados, que vienen contribuyendo en el buen funcionamiento del OVI. Los más importantes son:

- Laboratorio de Química Analítica, para análisis de aguas de fuentes termales y rocas volcánicas. Cuenta con ICP Óptico, equipo de Absorción Atómica y Cromatógrafo Iónico.
- Laboratorio de teledetección, para trabajos de Interferometría Radar (InSAR).
- Laboratorio de microscopía, con microscopios ópticos de última generación.
- Gabinete de petrotomía, con petrótomos, pulverizadores y pulidoras automatizadas.

## COOPERACIÓN TÉCNICA Y CIENTÍFICA DEL OVI

La Cooperación Técnica tiene una gran importancia desde el punto de vista de recepción científica y tecnológica en la operación del OVI. Los sistemas de monitoreo que viene implementando el OVI, así como los resultados de las investigaciones vulcanológicas, cuyos productos son los mapas de peligros, son frutos de un trabajo conjunto con diversas instituciones del Perú y del extranjero.

Actualmente contamos con convenios de cooperación con las siguientes instituciones:

- Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD).
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Universidad Complutense de Madrid.
- Volcan Explor Action (VEA-Francia).
- Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA).
- Gobierno Regional de Arequipa.
- Gobierno Regional de Moquegua.
- Municipalidad Provincial de Arequipa.

## TRABAJOS Y PRODUCTOS MÁS RESALTANTES

A continuación se enumeran los principales logros obtenidos durante los últimos años, en las diferentes áreas del OVI:

Geología volcánica y evaluación de peligros volcánicos

- Mapas geológicos detallados (escala 1/25,000) de los volcanes Misti, Ubinas, Ticsani, Sabancaya-Ampato y

del campo de volcanes monogenéticos de Andahua-Orcopampa.

- Mapas de peligros de los volcanes Misti, Ubinas y Ampato-Sabancaya.
- Se han publicado dos boletines y este año 2013 se publicarán 02 boletines nuevos.
- Se han realizado 12 publicaciones científicas en revistas especializadas del Perú y del extranjero.
- Actualmente se están elaborando mapas geológicos y de peligros de los volcanes Tutupaca y Yucamane.
- Personal de la DGAR y el OVI, participaron en la elaboración del informe técnico "Evaluación de la seguridad física del Distrito de Maca: Estudios geológicos, geofísicos y monitoreo de movimientos en masa".

Monitoreo volcánico

- Se implementó el monitoreo sísmico con transmisión de datos en tiempo real en los volcanes Misti, Sabancaya y Ubinas.
- Se implementaron redes de monitoreo geodésicos temporales en los volcanes Misti, Sabancaya y Ubinas. Actualmente se viene concluyendo la red geodésica del volcán Ticsani.
- Monitoreo visual con cámaras tipo "Domo" en los volcanes Misti y Sabancaya, el cual se realiza de forma permanente y con envío de imágenes en tiempo real.
- Monitoreo geoquímico de fuentes termales y fumarolas en los volcanes Misti, Sabancaya y Ubinas.
- Complementariamente se viene realizando este trabajo de forma periódica en los volcanes Ticsani, Coropuna, Sabancaya, Yucamane, y Huatynaputina.

Educación y difusión de la información, un eje transversal

- Presentación y difusión de los mapas de peligros de los volcanes Misti, Ubinas y del complejo volcánico Ampato-Sabancaya, a las municipalidades, instituciones públicas y privadas de las zonas de influencia de estos volcanes.
- Se vienen emitiendo reportes periódicos de monitoreo volcánico, principalmente de los volcanes Misti, Sabancaya y Ubinas. Cabe resaltar la difusión de 24 comunicados del Comité Científico Ad Hoc (INGEMMET -IGP-UNSA), sobre la evolución del proceso eruptivo 2006-2009 del volcán Ubinas. En base a las alertas tempranas emitidas en dichos comunicados, las autoridades evacuaron a cerca de 2 mil pobladores del valle de Ubinas a refugios seguros. Este ejercicio marca un hito en la reducción de riesgos de desastres en nuestro país, pues fue la primera vez que se realizó una evacuación preventiva de esta magnitud.
- Conjuntamente con otras instituciones, entre el 2005 y 2010, se organizaron 5 foros internacionales sobre el peligro volcánico, contando con la participación de expositores de Perú, Francia, Canadá, México, Argentina, Ecuador, Colombia, Costa Rica, España, Chile y Estados Unidos. En total en estos 4 eventos participaron más de 1500 personas.

- Se ha organizado 4 cursos de vulcanología física y cartografiado de campos volcánicos, dirigido a geólogos de exploración de yacimientos minerales en campos volcánicos, donde han participado más de 120 profesionales provenientes de empresas mineras y de exploración.
- Se viene brindando asesoramiento permanente a las autoridades de las regiones Arequipa, Moquegua y Tacna, sobre la reducción del riesgo geológico y volcánico.
- Participamos activamente en la organización de 02 simulacros de evacuación por erupción volcánica en Arequipa, llevados a cabo en los distritos de Alto Selva Alegre y Miraflores, los años 2009 y 2010 respectivamente.
- Se han organizado charlas y talleres para escolares en los pueblos del Valle del Colca, ciudad de Arequipa, Moquegua y pueblos de la Provincia de Candarave (Región Tacna).
- Se culminó y puso en red la página web del OVI, esta contiene información sobre los volcanes del sur del Perú, reportes y redes de vigilancia volcánica, estudios y mapas geológicos, mapas de peligros y actividad de los volcanes. Asimismo, se han incluido textos de divulgación sobre el origen y partes de los volcanes, tipos de erupciones y peligros volcánicos. Cabe señalar que la web ha sido diseñada para dirigirse a la comunidad geocientífica y vulcanológica en particular; también a personas que trabajan en la reducción del riesgo de desastres, proyectos de desarrollo, planificación urbana y ordenamiento territorial y finalmente a estudiantes universitarios y escolares.

#### Sala Temática de Riesgo Volcánico del “Centro de Sensibilización Para la Gestión de Riesgos”

El OVI conjuntamente con el INDECI y la ONG VEA, implementamos la “Sala de Riesgo Volcánico”, la cual forma parte del “Centro de Sensibilización Para la Gestión de Riesgos”, ubicado en las instalaciones de INDECI, Arequipa. En esta sala temática se exhiben paneles con información sobre el origen de los volcanes, tipos de peligros volcánicos, tipos de erupciones volcánica y los volcanes del sur del Perú. Así mismo se cuenta con dos maquetas, la primera donde se pueden observar las partes y estructura interna de un volcán; y la segunda es una maqueta del mapa de peligros del volcán Misti, que incluye la ciudad de Arequipa. Durante los años 2011, 2012 y 2013 han visitado esta sala más de 10 mil personas, principalmente escolares y autoridades.

Los productos del OVI se muestran en nuestra página web:



*Personal del OVI realiza monitoreo geodésico con equipos GPS en el cráter del volcán Ubinas.*



*Monitoreo geoquímico de gases volcánicos en inmediaciones del cráter del volcán Ubinas.*



*Emisiones fumarólicas en la base del cráter del volcán Sabancaya, día 12/05/2013.*





*Reconocimiento del cráter del volcán Sabancaya, donde se descartaron emisiones de cenizas hasta el 12/05/2013.*



*Difusión del mapa de peligros del volcán Misti en pobladores de la ciudad de Arequipa.*



*Vista de Congresistas de la República acompañados del Jefe Nacional del INDECI a la Sala de Riesgo Volcánico. Personal del OVI explica el contenido de la maqueta del mapa de peligros del volcán Misti.*