

Una ventana al pasado del volcán Láscar, ejemplo de la colaboración científica entre Argentina y Chile en la gestión del riesgo

Mercedes Cirer¹, Esteban Berteau¹

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa – CONICET). e-mails: mercedescirer@gmail.com, estebansantiagoberteau@gmail.com

A lo largo de la cadena andina (Figura 1a), un extenso arco volcánico nos recuerda permanentemente la impredecibilidad y la majestuosidad de nuestro planeta. El vulcanismo ha sido parte de la historia y cultura de los pueblos que habitan en la zona andina, quienes han aprendido a convivir con la actividad volcánica y han aprovechado los recursos naturales que ofrece la región. Sin embargo, su constante evolución y transformación sigue desafiando la capacidad humana para comprender y enfrentar los procesos geológicos que ocurren en torno a los volcanes. Por otra parte, los avances en tecnología y la creación de redes de monitoreo han permitido a los científicos tener una mejor comprensión de los volcanes y sus procesos, lo que ha llevado a la creación de planes de gestión del riesgo volcánico y a la prevención de desastres.

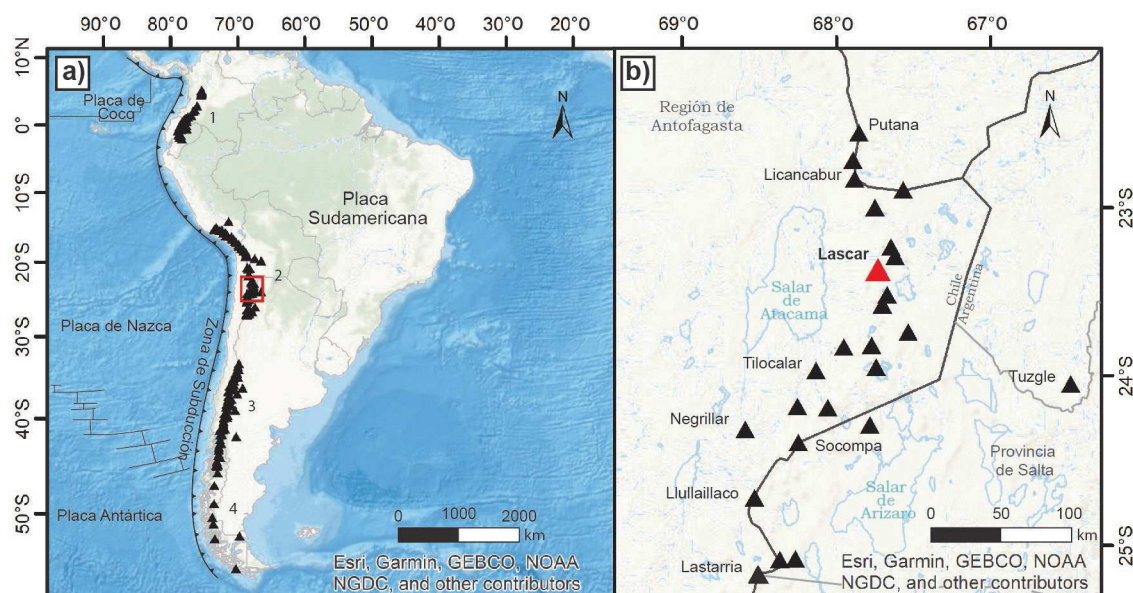


Figura 1. a) Cadenas volcánicas de la cordillera de los Andes. 1-4 Segmentos del Arco Volcánico. b) Ubicación del volcán Láscar en la Cadena Volcánica de los Andes.

Actualmente el organismo encargado de prevenir, monitorear y mitigar los efectos de erupciones volcánicas en nuestro país es el Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV) el cual trabaja en colaboración con el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS) en Chile ya que muchos de los volcanes se encuentran en zonas limítrofes entre Argentina y Chile, y un evento eruptivo en cualquiera de ellos puede afectar a ambos países. La comunicación y trabajo conjunto entre ambos observatorios es esencial para la prevención y mitigación de los riesgos asociados a la actividad volcánica en la región. Además, ambos observatorios colaboran en la difusión de información y alertas para la población y autoridades de ambos países.

Ambos organismos se encargan del monitoreo del volcán más activo del norte de Chile y uno de los más activos de Sudamérica, el Volcán Láscar (Figura 1b). Si bien este volcán, se localiza en el vasto Desierto de Atacama, en Chile, a unos 75 km al oeste del paso fronterizo de Jama, Argentina, la erupción del 18 de abril de 1993 quedó grabada en la memoria de muchos argentinos debido a que la ceniza volcánica afectó varias ciudades de nuestro país. Como resultado, científicos chilenos y argentinos han enfocado sus esfuerzos y recursos en estudiar y monitorear continuamente este volcán, con el fin de salvaguardar la seguridad de la población.

En cierta manera el evento de abril de 1993, ha despertado una gran inquietud acerca de los fenómenos que desencadenan estas erupciones y cómo, a pesar de que estos volcanes se localizan en áreas remotas, tienen la capacidad de afectar amplias regiones. Sin embargo, las últimas noticias sobre la nueva actividad volcánica detectada en este volcán han reavivado aún más nuestra curiosidad sobre este fenómeno tan singular.

En este contexto, el objetivo de este artículo es proporcionar un breve resumen de la historia eruptiva del volcán Láscar desde sus inicios hasta la actualidad, lo que nos permitirá adentrarnos en su naturaleza y comprender con mayor claridad qué tipo de volcán es y, lo que resulta aún más relevante, qué tipo de erupciones puede generar y cómo estas podrían interrumpir y/o afectar nuestra rutina.

Un recorrido por su historia eruptiva hasta la actualidad

Hace poco menos de unos 43 mil años atrás, a unos 25 km al este de lo que actualmente conocemos como el Salar de Atacama, Chile, una serie de importantes erupciones explosivas dieron origen a un típico cono volcánico formado por sucesivas capas de material volcánico que denominamos estratocono o estratovolcán (Gardeweg et al. 1998). Sin embargo, esta actividad volcánica no siempre estuvo centrada en este cono sino que posteriormente migró ligeramente hacia el oeste, generando erupciones más jóvenes altamente explosivas, que dieron origen a un nuevo estratocono occidental

datado aproximadamente en 26 mil años, parcialmente superpuesto al anterior y que definió finalmente la forma actual del volcán Lászar (Gardeweg et al. 1998). Actualmente, si observamos una imagen satelital de este volcán (Figura 2) vemos que no solo existen dos conos superpuestos, sino que también se observan una serie de cráteres anidados en su cumbre que se originaron por erupciones explosivas posteriores que migraron nuevamente hacia el este acercándose al centro del actual edificio compuesto (Gardeweg et al. 1998). Es justamente en el cráter central en donde se centra la actividad más reciente del volcán Lászar.



Figura 2. Imagen Google Earth del volcán Lászar.

Se cree que luego de un largo período de tranquilidad, el volcán Lászar retomó su actividad volcánica a mediados del siglo XIX, sin embargo, su registro ha sido bastante inconstante hasta 1980. A partir de entonces, se ha registrado un comportamiento repetitivo en este volcán que inicia con la salida de lava viscosa formando una estructura en domo dentro del cráter y acompañado de una importante desgasificación, que finalmente culmina con su hundimiento y el desencadenamiento de erupciones explosivas que denominamos de tipo vulcanianas. Entender este proceso es clave para entender el comportamiento actual del volcán ya que, por lo general, este tipo de domos tienen la capacidad de obstruir el conducto por el cual la lava extruye a la superficie generando un gran aumento de presión que finalmente desencadenan erupciones explosivas de corta duración. Erupciones de este tipo fueron documentadas en septiembre de 1986, febrero de 1990 y diciembre de 1993.

Estos eventos fueron muy breves y las columnas eruptivas no superaron los 15 km de altitud.

Sin embargo, asociado al crecimiento y hundimiento de un domo volcánico, en abril de 1993, el inicio de una erupción de tipo vulcaniana dio paso a lo que denominamos una erupción sostenida de tipo subpliniana (ver [Guzmán y Montero, 2011: TBGNoa, Vol. 1 \(1\): 32-39](#)) que se caracteriza por inyectar grandes cantidades de material volcánico fragmentado a la atmósfera de manera continua y sostenida en el tiempo.

Particularmente la erupción de abril de 1993 duró aproximadamente 32 hs formando una gran columna eruptiva compuesta de partículas y gases que, por un breve tiempo, alcanzó una altitud máxima de 25 km sobre el nivel del mar pero que durante la mayor parte del tiempo fluctuó en torno a los 15 km de altitud. Por lo general, cuando las columnas eruptivas alcanzan un nivel en la atmósfera en donde su densidad es la misma que la atmósfera circundante, estas empiezan a moverse lateralmente en un nivel dentro de la atmósfera que conocemos como nivel de flotabilidad neutra (Figura 3). En este nivel el material suspendido toma la forma de una especie de gran hongo o paraguas que eventualmente queda sujeto al movimiento de los vientos atmosféricos que, finalmente, se encargarán de dispersar el material a grandes distancias.

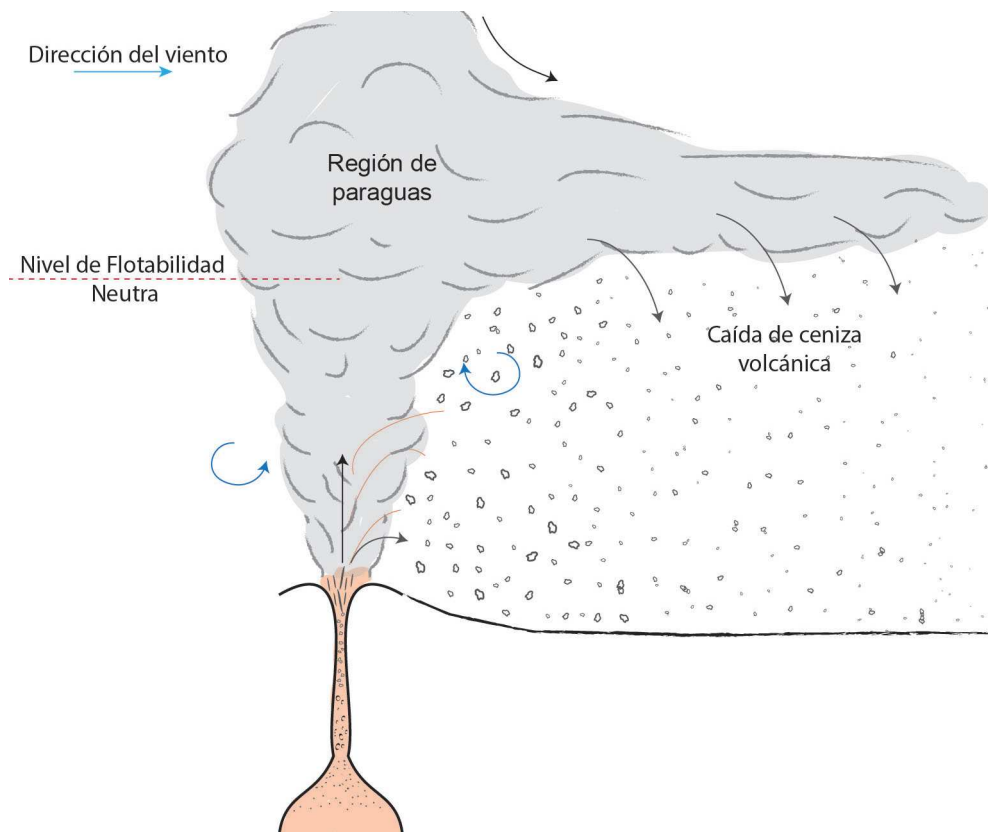


Figura 3. Columna eruptiva explosiva.

Algunos eventos explosivos menores ocurrieron en julio y noviembre de 1994, julio del 2000, mayo de 2005 y abril de 2006. Estos breves eventos formaron columnas eruptivas que no superaron los 10 km de altura sobre el cráter del volcán e inyectaron pequeñas cantidades de material a la atmósfera. Desde la erupción de diciembre de 1993, la actividad asociada al volcán Láscar se ha restringido principalmente a emisiones de gases y generación de plumas volcánicas, compuestas principalmente por vapor y, en menor medida, por partículas de ceniza volcánica, sin estar relacionadas al crecimiento de un domo volcánico.



Sin embargo, el 31 de enero de este año, casi 30 años después, la Red Nacional de Vigilancia Volcánica (RNVV) dio a conocer, a través del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, el surgimiento de un nuevo domo volcánico, detectado mediante imágenes satelitales y que aún permanece intacto dentro del cráter (Figura 4).

Figura 4. Reporte Especial de Actividad Volcánica (REAV) del Servicio de Geología y Minería de Chile, 31 de enero de 2023, 15:00 hora local.

Actividad reciente

Luego de la erupción de abril de 1993, se estableció una red permanente de monitoreo que en la actualidad consta de estaciones sísmicas, cámaras de lapso de tiempo, instrumento de muestreo de gas, estaciones meteorológicas y sensores de temperatura. Previo a la instalación de esta red, el volcán ha sido y sigue siendo monitoreado mediante imágenes satelitales.

Como resultados de las actividades de monitoreo los observatorios vulcanológicos de Argentina y Chile emiten alertas con colores similares a los de un semáforo (Figura 5) que indican la magnitud del peligro potencial y las medidas de precaución que deben tomar las autoridades y la población.

A principios de diciembre de 2022, los equipos de monitoreo ubicados en el volcán registraron un aumento significativo en la sismicidad relacionada con la dinámica interna de fluidos volcánicos próximos a la superficie (REAV Región de Antofagasta, 26 de enero de 2023, 14:00, horario local). Como resultado, el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile elevó la alerta técnica del volcán a amarilla. Posteriormente, el 27 de enero de 2023, comenzaron a observarse señales sísmicas de mayor



NIVELES DE ALERTA VOLCÁNICA DEL SEGEMAR

COLOR DE ALERTA	ESTADO DE ACTIVIDAD	SITUACIÓN DEL VOLCÁN	ESCENARIO POSIBLE	RECOMENDACIONES A LA POBLACIÓN
ALERTA ROJA	Erupción Mayor inminente o en curso. Reporte de Actividad Volcánica diario o por hora	<ul style="list-style-type: none"> Actividad volcánica crítica con presencia de intensas y prolongadas susurros. Peligro inminente de erupción explosiva mayor. Posibilidad de ocurrencia de flujos piroclásticos y flujos de lava. Intensa emisión de cenizas y proyectiles balísticos, afectando poblaciones y ciudades lejanas. Posibilidad de ocurrencia de flujos de lodo (lahares) de largo alcance. 	<p>Proceso eruptivo en desarrollo o inminente en un lapso muy corto de tiempo. La fase eruptiva será explosiva o efusiva puede estar compuesta de uno o varios episodios. Pueden registrarse fenómenos de emisión de flujos de lava; emisión de piroclastos y ceniza; generación de lahares; generación de flujos piroclásticos; cambios morfológicos y/o fuerte emisión de gases volcánicos. El proceso en curso o esperado implica una alta amenaza para las personas. El tiempo de preparación y respuesta es muy breve.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Manténgase continuamente informado sobre la evolución del fenómeno. Manténgase alerta y seguir las indicaciones que emitan las autoridades de Protección Civil. Estar preparado para una posible evacuación. Dirigirse a las zonas seguras de acuerdo a los planes de emergencia.
ALERTA NARANJA	Probable erupción mayor o retorno después de etapa eruptiva Reporte de Actividad Volcánica diario.	<ul style="list-style-type: none"> Aumento significativo de la actividad volcánica. Incremento de la actividad sísmica. Aumento de fumarolas y/o incremento de la columna eruptiva. Caida de cenizas y/o proyectiles balísticos. Posibilidad de ocurrencia de flujos de lodo (lahares). Posibilidad de generación de flujos piroclásticos. Riesgo a la aviación. 	<p>Variaciones significativas en el desarrollo del proceso volcánico derivadas del análisis de los indicadores de los parámetros de vigilancia, las cuales pueden evolucionar en evento(s) eruptivo(s) de carácter explosivo o efusivo. Pueden registrarse fenómenos de emisión de flujos de lava; emisión de piroclastos y ceniza; generación de lahares; cambios morfológicos y/o fuerte emisión de gases volcánicos. Esto puede generar una eventual amenaza limitada hacia las personas e infraestructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Manténgase alerta y seguir las indicaciones que emitan las autoridades de Protección Civil. Tener una reserva de agua potable y alimentos no perecederos. Ejecutar los planes de emergencia ante la ocurrencia de erupciones volcánicas. Estar preparado para una posible evacuación.
ALERTA AMARILLA	Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica. Reporte de Actividad Volcánica quincenal.	<ul style="list-style-type: none"> La actividad sísmica local se incrementa. Incremento de emanación de fumarolas acompañadas de ruidos. Explosiones leves a moderadas, fragmentos lanzados alrededor del cráter. Caida de cenizas notorias sobre poblaciones. La deformación del volcán en la superficie es casi imperceptible. 	<p>Variaciones en los niveles de los parámetros derivados de la vigilancia indican que el volcán está por encima de su nivel de base y que el sistema es inestable pudiendo evolucionar aumentando o disminuyendo esos niveles. Pueden registrarse fenómenos como enjambres de sismos de forma mas frecuente, algunos de ellos sentidos; emisiones de ceniza; lahares; cambios morfológicos; ruidos; olores de gases volcánicos entre otros, que pueden alterar la calidad de vida de las poblaciones en la zona de influencia volcánica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Manténgase alerta y seguir las indicaciones que emitan las autoridades de Protección Civil. Estar informado sobre las medidas de prevención ante la posibilidad de caída de ceniza volcánica. Revisar los planes de emergencia ante la ocurrencia de erupciones volcánicas. Participar de los simulacros de evacuación.
ALERTA VERDE	Volcán Activo, con comportamiento estable. Sin riesgo inmediato. Reporte de Actividad Volcánica mensual.	<ul style="list-style-type: none"> El volcán se encuentra en estado de reposo. Condiciones estables. Posibles emanaciones de gases, mayormente vapor de agua. Actividad sísmica de baja intensidad. 	<p>El volcán puede presentar un estado base que caracteriza el periodo de reposo o quietud, o registrar actividad sísmica, fumarólica u otras manifestaciones de actividad en superficie que afectan fundamentalmente la zona más inmediata o proxima al centro de emisión, sin representar riesgo para las poblaciones y actividades económicas de su zona de influencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Desarrolle sus actividades normalmente. Manténgase informado sobre el nivel de actividad del volcán. Desarrollar y practicar los planes de emergencia ante la ocurrencia de erupciones volcánicas. Participar de los simulacros de evacuación. Identificar rutas de evacuación.

Figura 5. Niveles de alerta volcánica, los colores indican un aumento gradual del peligro donde el verde indica la menor peligrosidad y el rojo la máxima peligrosidad (tomado de <https://oavv.segemar.gov.ar/>).

magnitud y distintas a las que se habían registrado durante los últimos 10 años, lo que se asoció con la desestabilización de un cuerpo magmático posiblemente alojado en niveles superficiales del sistema volcánico (REAV Región de Antofagasta, 27 de enero de 2023, 23:52, horario local). Finalmente, el 28 de enero se elevó la alerta técnica a naranja (REAV Región de Antofagasta, 28 de enero de 2023, 04:30, horario local) y el 30 de enero, un satélite SKYSAT capturó una imagen del nuevo domo que todavía se encuentra acompañado de una importante actividad de desgasificación (REAV Región de Antofagasta, 31 de enero de 2023, 15:00, horario local, RAV Región de Antofagasta Año 2023 marzo - Volumen 46).

Implicancias de los eventos eruptivos en el territorio argentino

Una erupción volcánica explosiva puede tener múltiples implicancias para la sociedad. Puede significar un peligro para la vida ya que genera contaminación del aire, agua y suelo, y, además, afecta a las infraestructuras en regiones pobladas (ver [Montero, García y Guzmán, 2012. TBGNoa, Vol. 2 \(3\): 84-100](#)).

Las partículas de ceniza volcánica inyectadas a la atmósfera durante una erupción pueden significar un peligro significativo para la aviación provocando daños en los motores de las aeronaves y dificultando seriamente la visibilidad. A su vez, las partículas más finas pueden ser dispersadas a cientos o incluso miles de kilómetros afectando a ciudades alejadas del volcán y pudiendo provocar efectos negativos en la salud humana, como problemas respiratorios, irritación de los ojos y la piel, y otros problemas de salud (Wilson et al. 2012, Jenkins et al. 2015).

Por otra parte, las emisiones de gases y la ceniza volcánica pueden afectar la calidad del aire, el suelo y el agua afectando la biodiversidad y causando daños a los ecosistemas (Jenkins et al. 2015).

Además, las erupciones explosivas han demostrado que pueden provocar un impacto económico significativo. Las personas pueden verse obligadas a evacuar sus hogares y abandonar sus empleos, y la agricultura y la ganadería. Por otra parte, los costos asociados con la limpieza y la recuperación después de una erupción también pueden ser muy altos.

Particularmente, las erupciones explosivas del volcán Láscar pocas veces significaron un serio problema para la sociedad. Por lo general, estas erupciones tuvieron mayores implicancias para las localidades cercanas al volcán. Sin embargo, debido a la dirección predominante de los vientos, es común que la ceniza volcánica sea arrastrada hacia el territorio argentino como se documentó en las erupciones de septiembre de 1986, abril de 1993, julio de 1994, julio del 2000, mayo de 2005 y abril de 2006 (Global Volcanism Program 1986, 1993, 1994, 2000, 2005, 2006). Si bien la mayoría de estos eventos provocaron la caída de ceniza de muy pocos milímetros y no generaron problemas significativos,

el evento de abril de 1993 fue el más importante y el más ampliamente extendido.

La erupción de abril de 1993, generó una columna eruptiva que fue dispersada por los vientos hacia el sudeste, alcanzando el noroeste argentino, e incluso la costa atlántica a 1800 km desde el volcán (Figura 6) (Gardeweg y Medina 1994).

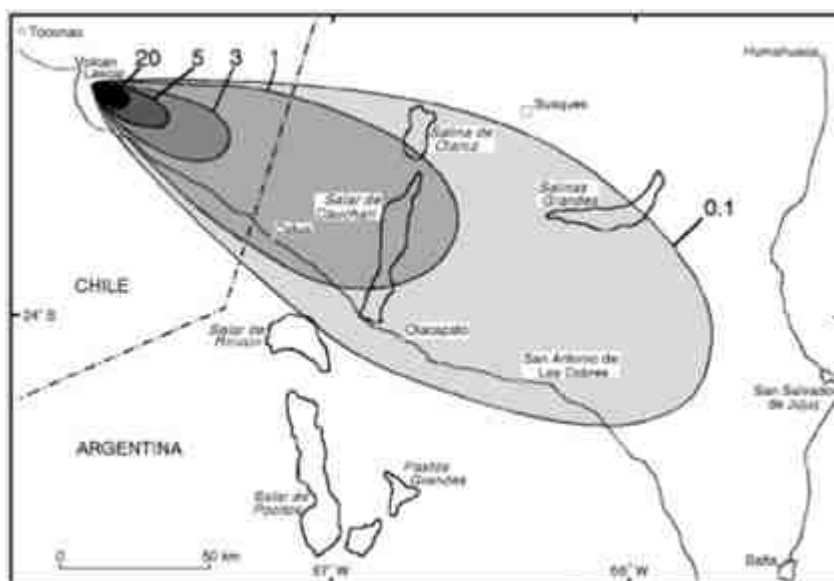


Figura 6. Dispersión de cenizas de la erupción del volcán Láscar de abril de 1993. Las líneas oscuras indican carga en el suelo de ceniza volcánica en centímetros (tomado del Global Volcanism Program, 1993).

Aproximadamente 20.000 km² recibieron al menos 1 mm de cenizas, y más de 850.000 km², incluyendo partes del centro-norte de Argentina, sur de Paraguay, Uruguay y sur de Brasil, estaban cubiertas por un depósito delgado (<0,1 mm) de cenizas (Global Volcanism Program 1993).

Como consecuencia de la erupción de abril de 1993, en territorio argentino, provincias como Tucumán y Santiago del Estero tuvieron que interrumpir el tránsito (Figura 7). Por otra parte, en la provincia de Jujuy, según informó el Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Jujuy al diario Somos Jujuy, se suspendieron las clases, se recomendó el uso de barbijos a la población y que no circularan por las calles, similar a lo que ocurrió en otras provincias del noroeste argentino como Salta y Santiago del Estero.



Figura 7. Caída de ceniza volcánica en el centro de Santiago del Estero el 19 de abril de 1993 (fuente: diario Panorama).

En territorio chileno, el colapso parcial de la columna eruptiva generó corrientes de gas caliente, ceniza y rocas que descendieron rápidamente por las laderas del volcán. Si bien, la mayoría de estos flujos alcanzaron 4 km desde el cráter, algunos con dirección noroeste fueron canalizados y llegaron al pueblo de Tumbres, a unos 7,5 km del cráter, atravesando los manantiales que abastecen de agua al pueblo chileno de Talabre. Las 70 personas que vivían en Talabre y que se ganaban la vida como pastores de llamas y tejedores, fueron evacuadas al pueblo cercano de Toconao. Posteriormente en una campaña de muestreo de la vegetación se detectó un contenido anómalo de flúor en las hierbas de Tumbres que estaban cubiertas por ceniza.

Futuro escenario esperado

Según informa el Servicio de Geología y Minería de Chile a través de sus reportes oficiales, los potenciales impactos asociados a la presencia de un domo de lava en el interior del cráter activo se derivan por su eventual destrucción total o parcial, a través de un evento de características explosivas, que podría suceder al actual proceso de desgasificación.

En este escenario, es esperable una afectación principalmente local por lo que se definió un área de exclusión de 10 km alrededor del volcán. Según informa nuestro observatorio argentino, cualquier posibilidad de afectación por productos cercanos o sismicidad, no alcanzarían al territorio argentino, sin embargo, no descartan la afectación por caída de ceniza, lo cual se espera que podría ocurrir preferentemente hacia el este como consecuencia de la dispersión predominante del viento hacia nuestro territorio.

¿Qué hacer en caso de caída de ceniza volcánica?

Ante todo, es importante que estemos atentos a los medios oficiales. Podemos consultar información actualizada del estado del volcán en la página del OAVV (<https://oavv.segemar.gob.ar/>), pero es aún más importante prestar atención a las recomendaciones que emiten nuestros organismos de protección civil que son los encargados de prevenir y/o controlar eventuales situaciones derivadas de este fenómeno natural y los que en última instancia ejecutarán los planes de emergencia adecuados a cada situación.

Recientemente, el gobierno de la provincia de Salta emitió una serie de recomendaciones para actuar preventivamente y minimizar el impacto en la salud en caso de caída de ceniza volcánica:

- * Mantener la calma y seguir las indicaciones de las autoridades encargadas de la emergencia.
- * Informarse sobre la actividad del volcán solamente a través de los medios oficiales.
- * En el caso de caída de cenizas cerrar todo: puertas, ventanas y conductos de ventilación cubriendo con paños húmedos las pequeñas rendijas que puedan quedar.
- * Evitar salir y en caso de no tener opción, usar mascarilla o un paño húmedo para cubrir nariz y boca.
- * No realizar actividad física al aire libre y mantener a mascotas dentro de la casa.
- * Proteger especialmente a niños pequeños, ancianos, mujeres embarazadas y personas que sufren enfermedades respiratorias crónicas y cardíacas. Si percibe que estas personas tienen dificultades para respirar, acudir al centro de salud más cercano.
- * Cubrir los ojos, en lo posible con anteojos con protección lateral o antiparras. En caso de no contar con alguno de estos, usar anteojos de sol. Evitar el uso de lentes de contacto.
- * Mantener cubiertos los depósitos de agua, para evitar que se contaminen, en el caso de que el volcán emita ceniza.
- * Asegurar agua fresca y alimentos para animales en una zona protegida de la caída de cenizas. Generalmente los animales vuelven a la zona en la cual se alimentan normalmente.
- * Si estás manejando al momento del evento, evitá salir del auto. Mantener cerradas puertas y ventanas. Si podés avanzar, hazlo lentamente con las luces encendidas y dando prioridad a los vehículos de emergencia.

Es posible obtener más información a través del folleto oficial publicado en la página del Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica: https://oavv.segemar.gob.ar/descargas/%C2%BFQu%C3%A9%20hacer%20en%20caso%20de%20ca%C3%ADda%20de%20ceniza%3F%20-%20OAVV_SEGEMAR.pdf

REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

GARDEWEG M, E MEDINA. 1994. La erupción subpliniana del 19–20 de Abril de 1993 del volcán Láscar, N de Chile. 7 Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 299-304.

GARDEWEG M, R SPARKS, S MATTHEWS. 1998. Evolution of Láscar Volcano, Northern Chile. *Journal of the Geological Society of London*, 155: 89–104.

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 1986. Report on Láscar (Chile). En McClelland, L. (Ed.), *Scientific Event Alert Network Bulletin*, 11: 8. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.SEAN198608-355100>

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 1993. Report on Láscar (Chile). En Venzke, E. (Ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 18: 4. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN199304-355100>

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 1994. Report on Láscar (Chile). En Wunderman, R. (Ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 19: 7. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN199407-355100>

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 2000. Report on Láscar (Chile). En Wunderman, R. (Ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 25: 6. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200006-355100>

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 2005. Report on Láscar (Chile). En Wunderman, R. (Ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 30: 4. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200504-355100>

GLOBAL VOLCANISM PROGRAM. 2006. Report on Láscar (Chile). En Wunderman, R. (Ed.), *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 31:4. Smithsonian Institution. <https://doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN200604-355100>

GUZMÁN S, C MONTERO. 2011. Los volcanes de la Puna Austral. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 1 (1): 32-39. <https://ibigeo.conicet.gov.ar/revista-tbgnoa/>

JENKINS S F, TM WILSON, C MAGILL, V MILLER, C STEWART, R BLONG, W MARZOCCHI, M BOULTON, C BONADONNA, A COSTA. 2015. Volcanic ash fall hazard and risk. *Global Volcanic Hazards and Risk*, Cambridge University Press: 173–222.

MONTERO C, V GARCÍA, S GUZMÁN, 2012. Desastres Naturales. ¿Se pueden predecir y prevenir los eventos geológicos destructivos? *Revista Temas de Biología y Geología del NOA*, 2 (3): 84-100. <https://ibigeo.conicet.gov.ar/revista-tbgnoa/>