

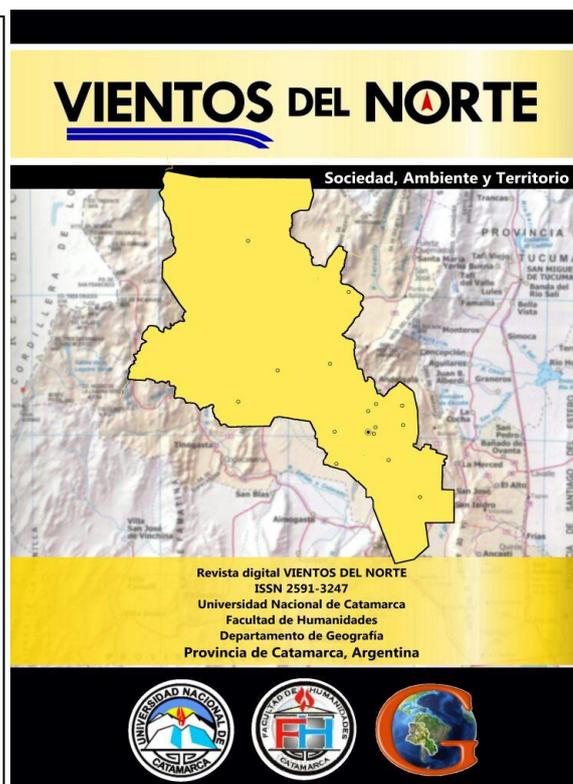
REVISTA VIENTOS DEL NORTE
ISSN 2591-3247
Año 7 Vol 1-2 Diciembre 2020

**PELIGRO VOLCÁNICO EN EL PASO
INTERNACIONAL PEHUENCHE,
MENDOZA, ARGENTINA**

VOLCANIC DANGER IN THE PASO
INTERNACIONAL PEHUENCHE,
MENDOZA, ARGENTINA

Raúl Alejandro Mikkan
raulmikkan@gmail.com
Verónica González Blazek
Viviana González Blazek

Universidad Nacional de Cuyo Facultad de
Filosofía y Letras
Páginas 53 a 72



Resumen

El Paso Pehuenche, emplazado en el sur de la provincia de Mendoza y que permite la vinculación entre Argentina y Chile, manifiesta peligro volcánico latente a causa de volcanes activos situados en la Cordillera de Los Andes que han registrado en el pasado erupciones explosivas, generando caída de ceniza y flujos piroclásticos. Un estudio realizado permitió identificar terrenos en dicho paso internacional y adyacencias, que fueron afectados por lluvias de cenizas durante el Holoceno, concluyendo que el Complejo Volcánico Laguna del Maule y los estratovolcanes Descabezado Grande y Quizapu, localizados en la Región del Maule (Chile), fueron los responsables de importantes impactos ambientales y es de esperar que puedan ocasionar nuevos problemas en caso de reactivarse. Por tal motivo, se elaboró la carta de peligro volcánico del área que advierte sobre los espacios susceptibles de ser alcanzados por piroclastos frente a nuevos eventos eruptivos.

Palabras Clave: Volcanes - Holoceno - Piroclastos - Peligro

Abstract

El Paso Pehuenche, located in the south of the province of Mendoza and that allows the link between Argentina and Chile, manifests latent volcanic danger due to active volcanoes located in the Andes Mountains that have registered explosive eruptions in the past, causing a fall ash and pyroclastic flows. A study carried out made it possible to identify lands in this international pass and adjacencies, which were affected by ash rains during the Holocene, concluding that the Laguna del Maule Volcanic Complex and the Descabezado Grande and Quizapu stratovolcanoes, located in the Maule Region (Chile), They were responsible for significant environmental impacts and it is hoped that they could cause new problems if reactivated. For this reason, the volcanic hazard chart of the

area was prepared, which warns about the spaces that can be reached by pyroclasts against new eruptive events.

Keywords: Volcanoes – Holocene - Ashes – Danger

1. INTRODUCCIÓN

El imponente murallón que representa la Cordillera de Los Andes en América del Sur, históricamente no ha sido impedimento para que habitantes de Argentina y Chile se comunicaran a través de valles transversales que “cortan” esta dilatada espina dorsal. Algunos de estos pasos cordilleranos en la actualidad, son importantes corredores bioceánicos donde procesos de la naturaleza, en ocasiones, ponen en peligro a quienes los habitan o transitan y a las infraestructuras allí radicadas.

Al sur de la provincia de Mendoza se ubica el Paso Pehuenche a 36° de latitud facilitando la unión con Chile a través de la ruta nacional 145 totalmente pavimentada (Figura 1). Este pasadizo andino que alcanza una elevación máxima de 2553 m.s.n.m., registra en los últimos años un significativo incremento del turismo, aumento de la circulación vehicular, ha sido y es ruta tradicional de trashumantes y en el futuro será asiento de una importante obra hidroeléctrica denominada Portezuelo del Viento. En el referido Paso internacional, peligros naturales como caída de rocas, temporales de nieve, aluviones, se hacen presentes con cierta frecuencia y, a su vez, presenta una amenaza no común en otros pasos montañosos de la provincia: el vulcanismo.

Efectivamente, erupciones volcánicas explosivas perjudicaron en el pasado el Paso Pehuenche a través de la caída de cenizas transportadas por los vientos dominantes del oeste y la generación de flujos piroclásticos provenientes de focos eruptivos que se sitúan en la cordillera a causa de un vulcanismo de arco, vinculado a la subducción tipo *back arc* de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.

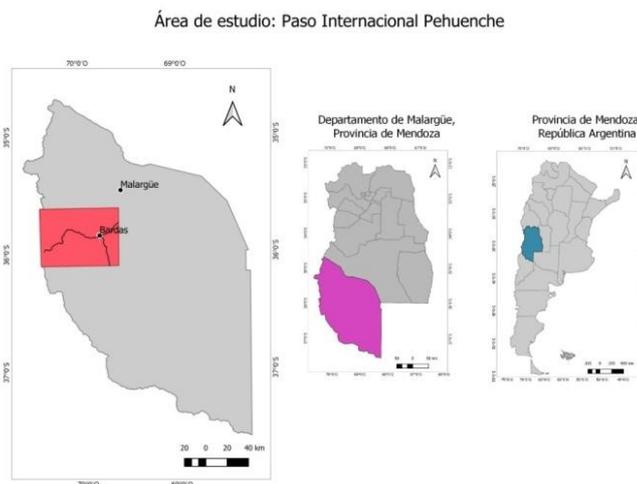


Figura 1

El objetivo principal de un estudio realizado entre los años 2016 y 2019, fue identificar espacios afectados por caída de cenizas y flujos piroclásticos durante el Holoceno como base para la elaboración de una carta de peligro volcánico del área.

En el Paso Pehuenche, las cenizas volcánicas pueden generar mayor afectación en el futuro por su volumen y dispersión en caso de nuevos eventos. Los efectos producidos por las cenizas son conocidos y afectan principalmente la salud de las personas, las infraestructuras y servicios utilizados por el hombre, la vegetación y fauna, llegando incluso a ocasionar cambios locales del clima, es por eso que el conocimiento de la extensión de este peligro natural cobra vital importancia para su mitigación.

Los flujos piroclásticos también serían esperables en menor medida, mientras que la amenaza generada por coladas de lava y lahares es escasa debido al carácter casi exclusivo de erupciones explosivas en la cordillera durante el Holoceno y la ausencia de estratovolcanes con glaciares significativos cercanos al Paso. Por otra parte, en caso de ocurrir erupciones efusivas en volcanes de Chile o limítrofes, las mismas han estado en los últimos 10.000 años mayormente compuestas por lavas ácidas que por su viscosidad, no recorren grandes distancias y ocuparían únicamente las laderas de los volcanes.

2. MATERIALES Y MÉTODO

La metodología empleada para la elaboración del trabajo consistió en:

- Recopilación y análisis de bibliografía científica sobre erupciones ocurridas en el Holoceno e históricas (siglos XV a XXI) en complejos volcánicos y estratovolcanes próximos al Paso Pehuenche y que pudieron haber afectado el área objeto de estudio, con el fin de realizar una clasificación inicial de peligrosidad de los mismos.
- Estudio tefrocronológico en muestras de cenizas de caída en el Paso Pehuenche, con el objeto de conocer la edad, punto de origen y alcance territorial de cada una.
- Elaboración de la carta de peligro volcánico del área del Paso Pehuenche.

3. RESULTADOS

3.1. Centros eruptivos cercanos al Paso Pehuenche con actividad eruptiva durante el Holoceno y en épocas históricas (siglos XV a XXI)

- *Caldera Calabozos y Volcán Descabezado Chico*: La caldera Calabozos se sitúa en la Cordillera Principal de Los Andes a 35°33'30"S y 70°29'47"W en la Región del Maule (Chile), abarcando una superficie de 14 x 26 km. Su estructuración se remonta al Pleistoceno tardío donde los flujos piroclásticos habrían alcanzado distancias de más de 100 km a través de los ríos Malargüe y Grande en el Departamento de Malargüe, Mendoza (Guerstein, 1993). La actividad eruptiva dentro de la caldera se extendió hasta el Holoceno caracterizada por efusiones lávicas, formación de domos y emisión de flujos piroclásticos (Hildreth *et al.*, 1984). El volcán Descabezado Chico (3250 m.s.n.m.) que habita en la caldera, no registra actividad histórica pero su edad se estima del Holoceno reciente (Brüggen, 1933; González Ferrán, 1995).

- *Complejo Volcánico Planchón – Peteroa*: Se ubica a 35°15'S y 70° 34'W en el límite entre Mendoza y Chile dentro de la Cordillera Principal (Foto 1). El volcán Planchón (4125 m.s.n.m.) ocupa el norte del complejo y el volcán Peteroa, más joven, se encuentra anidado en la estructura del Planchón y posee cinco cráteres activos con escasa acumulación de escoria (Foto 2) por lo que aún no ha edificado su cono (Sruoga, 2008). Durante el Holoceno la actividad ha estado concentrada en el conjunto de cráteres mencionados los que han desarrollado una actividad mayormente explosiva (Naranjo & Haller, 2002; Tormey *et al.*, 1995; Sruoga, 2008; Kittl, 1933). Entre los eventos más

destacados se encuentra una erupción ocurrida hace 7000 años que se caracteriza por una fase inicial de caída, luego el emplazamiento de una oleada piroclástica y finalmente la acción de un flujo piroclástico. Posteriormente, sobrevino otra erupción hace 1400 ± 80 y 1050 ± 90 años, generando un depósito de lapillis pumíceos (Naranjo & Haller, 2002). Esta erupción fue del tipo sub-pliniano y sus efectos través de la ceniza posiblemente alcanzaron el centenar de kilómetros (Sruoga, 2008).



Foto 1. Complejo Volcánico Planchón - Peteroa. Fotografía: Mikkan, R.



Foto 2. Fumarolas en cráteres del volcán Peteroa. Fotografía: Mikkan, R.

Eventos históricos también se asocian a la actividad de los cráteres activos como ser en 1660, 1716 y 1751 (González Ferrán, 1995) y 1762 con un evento de efectos ambientales devastadores que Sruoga (2008) asocia a volcanes cercanos y no al complejo Planchón - Peteroa. Sin embargo, algunas dudas surgen de la descripción del Abate Juan Ignacio Molina (González Ferrán, 1995) donde ofrece una serie de datos que relacionarían este evento con el complejo mencionado. La actividad histórica continúa en 1835 (González

Ferrán, 1985), 1837 y 1842 (Global Volcanism Program, 2017), 1860 y 1869 (González Ferrán, 1995), 1872 (Global Volcanism Program, 2017), 1878, 1889, 1924, 1937 (González Ferrán, 1995), 1938 (Global Volcanism Program, 2017), 1959, 1960, 1962 (González Ferrán, 1995), 1967 (Global Volcanism Program, 2017), 1991 (Sruoga, 2008; Naranjo & Haller, 2002), 1998, 2003/2004 (Sruoga, 2008) y 2010 (Haller y Risso, 2011).

- *Complejo Volcánico Laguna del Maule*: Se sitúa a una altitud de 2180 m.s.n.m y a 36°03'S - 70°30' W en la Región del Maule (Chile). Abarca un área de 500 km² que se extiende a lo largo de 30 km en la frontera con la provincia de Mendoza al sur del Paso Pehuenche (Foto 3). El mismo se compone de 130 centros con emisiones en el Pleistoceno y Holoceno (Hildreth *et al.*, 2010). La actividad volcánica holocénica se inicia en un conjunto eruptivo denominado Barrancas en el borde sureste de la Laguna del Maule, con un gran evento explosivo que generó flujos piroclásticos (Fierstein *et al.*, 2014; Amigo *et al.*, 2016). Dataciones de 40Ar / 39Ar de las lavas y de 14C en suelos debajo y sobre unidades piroclásticas, sugieren que dicho conjunto fue edificado entre 14 y 2000 años antes del presente (Amigo *et al.*, 2016). Por otra parte, en el Complejo ocurrieron erupciones hace 8000 años (Fierstein *et al.*, 2014), 7000 y 4000 años (Amigo *et al.*, 2012), 3.500 años (Singer *et al.*, 2014), 3.200 años (Amigo *et al.*, 2012), 2.200 años y con edades inferiores a los 2000 años (Singer *et al.*, 2014). Sin embargo, este Complejo volcánico no se posee registro histórico de actividad eruptiva.



Foto 3. Complejo Volcánico Laguna del Maule. Fotografía: Mikkan, R.

- *Volcán San Pedro*: Estratovolcán de 3621 m.s.n.m. edificado dentro de la Caldera del Colorado que se sitúa en el límite entre Chile y Argentina a 35° 20' S y 70° 32' W. A este volcán se le asigna una edad Holocena y junto a los volcanes Tatara (3224 m.s.n.m.) y Pellado (3120 m.s.n.m.), conforman un complejo cuyo vulcanismo comenzó hace 930 mil años y desde hace 780 mil años, más del 80% del volumen eruptado es efusivo (andesítico-basáltico) (González Ferrán, 1995).

- *Volcán Nevado de Longaví*: Con una altura de 3242 m.s.n.m., se sitúa en la Región del Maule (Chile) a 36°12'S y 71°10'W. Se estima que su última erupción fue en el año 4.890 ± 75 A. C. y la actividad durante el Holoceno ha sido mayormente explosiva cuyos depósitos piroclásticos rellenan los valles adyacentes de la vertiente chilena (Sellés *et al.*, 2004).

- *Volcán El Palomo*: Con 4850 m.s.n.m. se sitúa a 34°36'S y 70°19'W en la Región de O'Higgins (Chile). Es un estratovolcán cuya actividad más reciente habría ocurrido hacia el final del Pleistoceno superior (Bertin & Orozco, 2015). Sin embargo, Charrier (1979) afirma que presentó actividad durante el Holoceno a través de un cono adventicio denominado Andrés.

- *Volcanes Descabezado Grande – Quizapu*: Ambos volcanes se localizan en la cordillera andina a 35°S y 70°W en la Región del Maule (Chile). El Descabezado Grande es un estratovolcán que se alza a 3830 m.s.n.m. y se encuentra activo desde el Pleistoceno (Foto 4). Sus productos corresponden principalmente a lavas y cenizas de composición andesítica a riodacítica. Su silueta descabezada es producto del colapso de la parte superior del cono durante una erupción explosiva sin fechado. El 2 de junio de 1932 una erupción abrió el cráter denominado Respiradero al noreste y a 2 km del cráter principal (González Ferrán, 1995). Dicha erupción estuvo acompañada de una explosión de tipo vulcaniana, eyectando una columna de tefras que alcanzaron 7 a 8 km de altura dispersada por los vientos del suroeste. En noviembre de ese mismo año se observa una reactivación de las explosiones con intervalos de al menos de una hora y con altura de columnas de 5 km sobre el cono. Por último, el 15 de diciembre de 1932 erupciones explosivas se sucedieron en cortos intervalos de tiempo (González Ferrán, 1995). El volcán Quizapu (3050 m.s.n.m.) (Foto 5) surgió en 1846 con emisión de lavas y poco acompañamiento de tefras (Hidreth & Drake, 1992). Presenta actividad histórica en los años 1907 (González Ferrán, 1995), 1914 (Fuenzalida, 1943; González Ferrán, 1995), 1916, 1926, 1927, 1929 (González Ferrán, 1995), 1932 (Kittl, 1933; Hildreth & Drake, 1992; González Ferrán, 1995) y 1967 (Fuenzalida, 1941). La erupción del 10 de abril de 1932 es considerada la más poderosa registrada en la Cordillera de Los Andes durante el siglo XX (Tilling, 2009).



Foto 4. Volcán Descabezado Grande. Fotografía:
https://es.wikipedia.org/wiki/Volc%C3%A1n_Descabezado_Grande

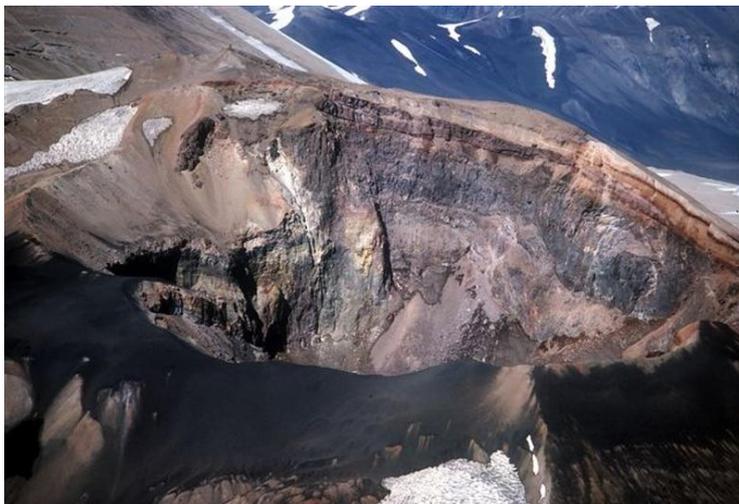


Foto 5. Cráter del Volcán Quizapu. Fotografía: <https://www.latercera.com/tendencias/noticia/columna-sismologia-quizapu-la-erupcion-mas-grande-del-chile-republicano/136044/>

- *Volcán Tinguiririca*: Estratovolcán de 4300 m.s.n.m. situado a 34°49' S y 70°21' W en la [Región de O'Higgins](#) (Chile). En el Holoceno se le reconocen eventos eruptivos explosivos como lo indican depósitos de flujos piroclásticos que cubren los flancos del cono con una edad de 8000 años de antigüedad (Polanco *et al.*, 2015) y registra actividad histórica en 1779, 1830/31 (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2017) y 1917 (González Ferrán, 1995).

- *Volcán Lomas Blancas*: Pequeño estratovolcán (2268 m.s.n.m.) cordillerano situado en la Región del Maule (Chile) a 36° S y 71° W. Su edificación ocurrió durante el Pleistoceno y en menor medida en el Holoceno. Presenta una caldera de 2,3 km de ancho abierta al sureste por un flujo de lava basáltico-andesita.

3.2. Clasificación inicial de los complejos volcánicos y estratovolcanes según su peligrosidad

Tomando en consideración la información obtenida a través de la bibliografía consultada, se clasificaron inicialmente los centros eruptivos según su peligrosidad. El agrupamiento arrojó cuatro clases que van desde volcanes que no representarían peligro, a los altamente peligrosos que, ante nuevos eventos, es factible esperar impactos negativos en el ambiente del Paso Pehuenche e incluso en el territorio de la provincia de Mendoza.

Clase A – Sin Peligro: Posibles eventos eruptivos en el Holoceno y sin actividad histórica.

- *Volcán Palomo*: Su actividad se desarrolla principalmente en el Pleistoceno. Bertin & Orozco (2015) afirman que los peligros volcánicos principales de este volcán serían la efusión de lava, flujos piroclásticos y formación de lahares que, en todos los casos, afectarían los cauces de ríos de Chile.

Clase B - Peligro bajo: Registran eventos eruptivos durante el Holoceno pero sin actividad histórica.

- *Volcán San Pedro*: Considerando que forma parte de un complejo donde el vulcanismo desde hace 780 mil años es andesítico-basáltico, sus lavas afectarán áreas cercanas y el

peligro por emisión de cenizas que pudieran viajar hacia Argentina es reducido (Nelson, *et al.*, 1999).

- *Volcán Lomas Blancas*: Presenta un reducido nivel de peligro de lavas, lahares, flujos piroclásticos y caída de piroclastos (Lara *et al.*, 2011).

- *Caldera Calabozos y Volcán Descabezado Chico*: Se considera de baja peligrosidad por su posición dentro de la cordillera, alejada de asentamientos humanos y debido a la escasa actividad en el Holoceno.

- *Volcán Nevado Longaví*: Sus peligros futuros son la emisión de lavas, lahares, flujos piroclásticos y proyecciones balísticas que afectarían al edificio principal más los valles y laderas cercanas de la vertiente chilena (Lara *et al.*, 2011).

Clase C- Medianamente peligrosos: Registran eventos eruptivos durante el Holoceno y escasa actividad histórica.

- *Volcán Tinguiririca*: En caso de una reactivación explosiva de este volcán los efectos de caída de cenizas en el Paso Pehuenche serían posibles debido a la dirección predominante de los vientos del oeste.

Clase D - Altamente peligrosos: Registran numerosos eventos eruptivos en el Holoceno e históricos.

- *Volcán Descabezado Grande*: Volcán explosivo y activo desde el Pleistoceno que en caso de reactivarse, puede generar caída de cenizas hacia el oriente, afectando el Paso Pehuenche por la dirección predominante oeste - este de los vientos.

- *Volcán Quizapu*: Su erupción de 1932 pone en evidencia la alta peligrosidad de este volcán ya que afectó gran parte del territorio argentino debido a su explosividad de tipo pliniano. A causa de los vientos del oeste, depositó cenizas en las provincias de Mendoza, Río Negro, Neuquén, La Pampa y Buenos Aires y llegando a las costas de Uruguay y Brasil (Kittl, 1933). La erupción generó en la cuenca del río Grande en el Departamento Malargüe, Mendoza, una fuerte acumulación de lapilli, mientras que al este, un manto de ceniza se extendió por la superficie de los Departamentos de Malargüe y San Rafael en Mendoza. Si bien no se conocen víctimas, la lluvia de cenizas produjo efectos inmediatos y a largo plazo, alterando sustancialmente las economías locales de los Departamentos mendocinos de Malargüe, San Rafael y General Alvear (Sruoga *et al.*, 1993).

- *Complejo Volcánico Laguna del Maule*: Las erupciones explosivas han sido frecuentes en los últimos 10.000 años en este complejo aunque no registra erupciones históricas. La actividad explosiva registrada fue responsable de flujos piroclásticos y depositación de ceniza que afectaron el área del Paso Pehuenche como consecuencia de los vientos predominantes del oeste. Sruoga *et al.* (2014) y Amigo *et al.* (2016) afirman que ante una eventual reactivación del complejo, cabe esperar en áreas proximales el derrame de lavas viscosas, flujos piroclásticos y caída de *tefra* gruesa. En áreas medio-distales y distales se pueden generar flujos piroclásticos, caída de *tefra* mediana a fina y lahares a partir de la removilización de los depósitos de cenizas. Estos autores sostienen que las localidades de Bardas Blancas y Las Loicas, ubicadas a 60 y 40 km respectivamente del complejo y dentro del Paso Pehuenche, podrían ser afectadas por la ceniza.

- *Complejo Volcánico Planchón – Peteroa*: Su actividad eruptiva en el Holoceno fue fundamentalmente explosiva. Ante nuevas reactivaciones, su peligro consistiría en la generación de lahares en la cuenca superior del río Grande y flujos u oleadas piroclásticas en valles cercanos. Estos volcanes han emitido escaso volumen de lapilli y ceniza en tiempos recientes, por lo que cabe esperarse que las caídas de *tefras* en el futuro no superen el centenar de kilómetros, con acumulaciones menores a 5 cm de espesor y con dispersión mayormente hacia el este (Sruoga, 2008).

3.3. Estudio tefrocronológico

Con la finalidad de comprobar la alta peligrosidad que representan para el Paso Pehuenche los volcanes Descabezado Grande, Quizapu y los complejos volcánicos Planchón - Peteroa y Laguna del Maule, se realizó un estudio tefrocronológico a partir de depósitos de cenizas y lapillis correspondientes a eventos explosivos originados en los mencionados aparatos volcánicos durante el Holoceno. Para ello se dispuso de trabajos realizados por Durán & Mikkan, 2009; Amigo *et al.*, 2012; Singer *et al.*, 2014 y Fierstein *et al.*, 2014).

En el trabajo de Durán & Mikkan (2009), muestras de cenizas y lapillis fueron datadas a través del método de Termoluminiscencia (TL) y se les efectuaron estudios de Trazas por Activación de Neutrones y por Fluorescencia de Rayos X para conocer el punto de origen de las mismas. En la Tabla 1 se especifican las muestras que se recolectaron en el Paso Pehuenche y áreas adyacentes. El nombre de cada *tefra* se relaciona con lugar donde fue obtenida y se indica el centro volcánico emisor, su edad y las coordenadas de ubicación.

Tabla 1: Muestras analizadas

NOMBRE	ORIGEN	EDAD	COORD.
Caverna de las Brujas 1 (Foto 6)	Complejo Volcánico Laguna Maule	765 ± 200 años AP (antes del presente)-TL	35°48'02.12" S 69°49'13.03" W
Caverna de las Brujas 2 (Foto 6)	Volcán Descabezado Grande	4700 ± 500 años AP-TL	35°48'02.12" S 69°49'13.03" W
Caverna de las Brujas 3 (Foto 6)	Volcán Descabezado Grande	7780 ± 600 años AP-TL	35°48'02.12" S 69°49'13.03" W
Caverna de las Brujas 4 (Foto 6)	Volcán Descabezado Grande	5000 ± 550 años AP-TL	35°48'02.12"S 69°49'13.03" W
Cañada Cachi	Complejo	2580 ± 250	36°05'37.20"S

		Volcánico Laguna Maule	años AP - TL	69°44'22.79" W	
Fuente: Mikkan,	Escuela El Manzano (Foto 7)	Complejo Volcánico Laguna Maule	7195 ± 200 años AP-TL	36°06'25.82" S 69°45'32.76" W	Durán & 2009.



Foto 6. Niveles de *tefras* en Caverna de Las Brujas, Malargüe, Mendoza. Fotografía: Mikkan,R.



Foto 7. *Tefra* de caída en Escuela El Manzano, Malargüe, Mendoza Fotografía: Mikkan, R.

Los autores citados dejaban abierta la posibilidad de que las muestras Caverna de las Brujas 2, 3 y 4 provinieran del volcán Quizapu, algo difícil de considerar ya que dicho volcán inició su actividad en 1846 (Hidreth & Drake, 1992).

Para el Complejo Volcánico Laguna del Maule se consultaron estudios con dataciones de ^{14}C (Amigo *et al.*, 2012) y fechados ^{40}Ar - ^{39}Ar (Singer *et al.*, 2014). Los primeros autores reconocen un evento de 7000 años de vejez que estaría relacionado con la muestra Escuela El Manzano de 7195 ± 200 años AP-TL (Durán & Mikkan, 2009), dato que respalda que dicho depósito proviene del Complejo Laguna del Maule y fue generado por una erupción pliniana con acumulaciones de 3 m de espesor a 40 km de distancia desde su punto de emisión. Asimismo, distinguieron otras dos erupciones plinianas ocurridas hace 3200 y 4000 años precedentes del Complejo Volcánico Laguna del Maule. Al primero de los paroxismos Singer *et al.* (2012) lo fechan con 3500 años de antigüedad, mientras que la erupción de 4000 años podría estar asociada con Caverna de las Brujas 2, lo que pone en duda su procedencia desde el volcán Descabezado Grande (Durán & Mikkan, 2009).

Fierstein *et al.* (2014) identificaron una erupción pliniana en el Complejo Volcánico Laguna del Maule de hace 8000 años que produjo un depósito de lapillis y cenizas riolíticas de 4 m de grosor a 22 km hacia el oriente y con clastos de piedra pómez de 9,5 cm. Los procesos de precipitación estuvieron acompañados por pequeños flujos piroclásticos. Este evento, por su edad, se vincularía con la *tefra* Caverna de las Brujas 3 (Durán & Mikkan, 2009), por lo que su origen sería el Complejo Volcánico Laguna del Maule y no el volcán Descabezado Grande.

Por su parte, Singer *et al.* (2012) distinguieron dos erupciones plinianas registradas, una hace 2200 años y otra inferior a 2000 años. El primer evento podría estar conectado con la *tefra* Cañada Cachi de 2580 ± 250 años AP – TL (Durán & Mikkan, 2009) y el segundo con Caverna de las Brujas 1 de 765 ± 200 años AP-TL (Durán & Mikkan, 2009), lo que confirmaría la procedencia de ambas *tefras* desde el Complejo Volcánico Laguna del Maule. Es importante destacar que todas las muestras analizadas corresponden a depósitos de caída, no registrándose acumulaciones relacionadas con flujos piroclásticos. En la Tabla 2 se relacionan los fechados y procedencia de las muestras analizadas por los autores mencionados.

Tabla 2. Correlaciones entre edad y procedencia de *tefras*

NOMBRE	ORIGEN	EDAD	CORRELACIÓN	TIPO
Caverna de las Brujas 1	Complejo Volcánico Laguna Maule	765 ± 200 años (Durán & Mikkan, 2009)	Inferior a 2000 años (Singer <i>et al.</i> , 2012)	Depósito de caída
Caverna de las Brujas 2	Complejo Volcánico Laguna Maule	4700 ± 500 años (Durán & Mikkan, 2009)	4000 años (Amigo, <i>et al.</i> , 2012)	Depósito de caída

Caverna de las Brujas 3	Complejo Volcánico Laguna Maule	7780 ± 600 años (Durán & Mikkan, 2009)	8000 años (Fierstein <i>et al.</i> , 2014)	Depósito de caída
Caverna de las Brujas 4	Volcán Descabezado Grande	5000 ± 550 años (Durán & Mikkan, 2009)	-	Depósito de caída
Cañada Cachi	Complejo Volcánico Laguna Maule	2580 ± 250 años (Durán & Mikkan, 2009)	2200 años (Singer <i>et al.</i> , 2012)	Depósito de caída
Escuela El Manzano	Complejo Volcánico Laguna Maule	7195 ± 200 años (Durán & Mikkan, 2009)	7000 años (Amigo, <i>et al.</i> , 2012)	Depósito de caída

Fuente: Elaboración autores.

Con el objeto de densificar el número de *tefras* y conocer la edad, origen y alcance de las mismas, se obtuvieron nuevas muestras en el Paso Pehuenche y áreas próximas cuyas características se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Muestras recolectadas entre 2016 y 2019

NOMBRE	ORIGEN	EDAD	COORD.	TIPO
Tapadera	Volcán Quizapu	Año 1932	35° 36'65" S 70° 10'47.92" W	Depósito de caída
Localidad Manzano	Volcán Quizapú	Año 1932	36° 05' 30" S 69° 43' 12.8" W	Depósito de caída
Pehuenche	Complejo Volcánico Laguna Maule	Postglacial (Hildreth, <i>et al.</i> , 1998). 3200 años (Amigo, <i>et al.</i> , 2012) o	35° 58'47" 70° 23'19.08"	Depósito de caída

3500 años
(Singer *et al.*,
2012)

Loncoche	Volcán Quizapu	Año 1932	35° 36' 97" S 69° 33' 66" W	Depósito de caída
Volcán Trapal	Volcán Quizapu	Año 1932	35° 36' 47" S 69° 11' 32" W	Depósito de caída
Las Loicas	Caldera Calabozos?	Pleistoceno ?	35° 47'48.72" S 70° 06'03" W	Flujo piroclástico

Fuente: Elaboración autores.

En lugares cercanos al Paso Pehuenche se obtuvieron muestras de cenizas en superficie relacionadas con la erupción del volcán Quizapu del año 1932 como el depósito de cenizas denominado Tapadera (Foto 8) que cubre la superficie con un espesor superior al metro, a 51 km del volcán y se encuentra situado sobre la margen derecha del río Grande, generando un paisaje de un color blanquecino y estéril. También se recolectaron *tefras* del mismo evento en la localidad de El Manzano a la vera de la ruta nacional 40, en Loncoche a 12 km al sur de la ciudad de Malargüe con 60 cm de espesor a 108 km del centro emisor y en las faldas del volcán Trapal situado en la orilla occidental de la Laguna Llancañelo, Departamento de Malargüe, con espesores de 10 cm a 150 km del Quizapu. Por los espesores de éstos depósitos y las distancias recorridas, alentarían a asignarle a aquella erupción un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6 coincidiendo con Romero *et al.* (2015).



Foto 8. Cenizas del volcán Quizapu en la Tapadera, Malargüe, Mendoza. Fotografía: Mikkan, R.

A orillas de la ruta nacional 145 que recorre el Paso Pehuenche, se obtuvo la muestra designada Pehuenche (Foto 9), compuesta de lapilli y pómez riolíticos asociados a pequeños trozos de obsidiana. La *tefra* también se visualiza en inmediaciones del hito limítrofe entre Argentina y Chile y proviene de una erupción post-glacial sub-pliniana del Complejo Volcánico Laguna del Maule (Hildreth *et al.*, 1998) ocurrida hace 3200 años (Amigo *et al.*, 2012) o 3500 años (Singer *et al.*, 2012).



Foto 9. Lapillis y pómez en cercanías del hito internacional del Paso Pehuenche. Fotografía: Mikkan, R.

A 5 km al noreste de la localidad de Las Loicas, se encuentran depósitos de color blanco adosados a la ladera de la montaña (Foto 10). Si bien no se cuenta con estudios para determinar su edad y origen, por las características del depósito y su posición terminal con respecto a las superficies de ignimbritas que conforman la denominada Meseta del Pueblo al oeste, se podría relacionar el origen de esta *tefra* a flujos piroclásticos que habrían alcanzado distancias de más de 100 km provenientes de la caldera Calabozos en el Pleistoceno tardío (Guerstein, 1993).



Foto 10. Depósito Las Loicas. Fotografía: Mikkan, R.

Es fundamental destacar la ausencia de materiales provenientes del complejo Planchón – Peteroa que, a pesar de su frecuente actividad en el Holoceno e histórica y de su cercanía, no habrían afectado al Paso Pehuenche con depósitos de *tefras*. Dicha posibilidad se respaldó con entrevistas al personal de Gendarmería Nacional destinado en las localidades de Las Loicas y Mechanquil (Paso Pehuenche), quienes expresaron que durante las erupciones del volcán Peteroa en 2004 y 2010, solamente llegaron algunas cenizas suspendidas en la atmósfera pero sin generar problema alguno. Por lo tanto, este Complejo no se lo debería considerar como altamente peligroso para el Paso Pehuenche como se menciona en la clasificación inicial del punto 3.2., sino clasificarlo como medianamente peligroso de acuerdo a su recurrente pasado eruptivo.

Por otra parte, no se encontraron *tefras* provenientes de los volcanes San Pedro, Longaví, Palomo o Tinguiririca y tampoco depósitos relacionados con flujos piroclásticos que, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que algunos valles en sus partes altas y medias puedan ser afectados por este tipo de peligro en el futuro a causa de una erupción pliniana.

4 – CARTA DE PELIGRO VOLCÁNICO DEL PASO PEHUENCHE

Su objetivo es representar cartográficamente la extensión probable de caída de cenizas y el alcance de flujos piroclásticos en el área del Paso Pehuenche en caso de repetirse una erupción pliniana con origen en el Complejo Volcánico Laguna del Maule o proveniente de los volcanes Quizapu o Descabezado Grande, centros de emisión considerados de alta peligrosidad de acuerdo con la bibliografía consultada y los estudios tefrocronológicos realizados.

La carta intenta ofrecer información que permita a las autoridades gubernamentales la planificación de actividades encaminadas a la prevención y mitigación de los efectos de la actividad volcánica y, a su vez, advertir a la población respecto a los peligros volcánicos potenciales del medio que habitan o transitan.

Su elaboración se basó en el principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo realizado en el pasado, teniendo en cuenta las amenazas volcánicas directas como son las lluvias de fragmentos y flujos piroclásticos. En la carta obtenida (Figura 2), se representaron en gama de amarillo los espacios posibles de ser afectados por caída de ceniza durante una erupción pliniana proveniente de los volcanes Descabezado Grande y Quizapu, indicando el espesor de las acumulaciones esperables en función de la distancia recorrida por la pluma eruptiva, considerando una altura de columna eruptiva de 16 km y la dirección predominante de los vientos desde el oeste.

En gama de rojo se zonificaron los terrenos que pueden ser impactados por lluvia de cenizas con origen en el Complejo Volcánico Laguna del Maule, con espesores que pueden llegar a 3 m a 40 km de distancia como ocurrió en el pasado, considerando también columnas eruptivas de 16 km de altura y la dirección occidental dominante de los vientos.

Con color naranja, se destacó un área mixta que sería afectada con acumulación de *tefra* tanto por erupciones provenientes de los volcanes Quizapu, Descabezado Grande y del Complejo Volcánico Laguna del Maule.

En marrón se destacan los valles y la longitud de los mimos que pueden ser ocupados por flujos piroclásticos asociados a un evento eruptivo altamente explosivo (pliniano). A pesar de que hasta el momento no se han encontrado depósitos relacionados con este fenómeno, no se descartan que flujos a altas temperaturas puedan descender a velocidades entre 100 a 400 km/h.

Por último, se representaron los volcanes cercanos al Paso Pehuenche con el color correspondiente al grado de peligrosidad asignado y los puntos donde fueron recolectadas muestras de *tefras* analizadas en este trabajo y por Durán & Mikkan (2009), coloreadas según la boca volcánica emisora.

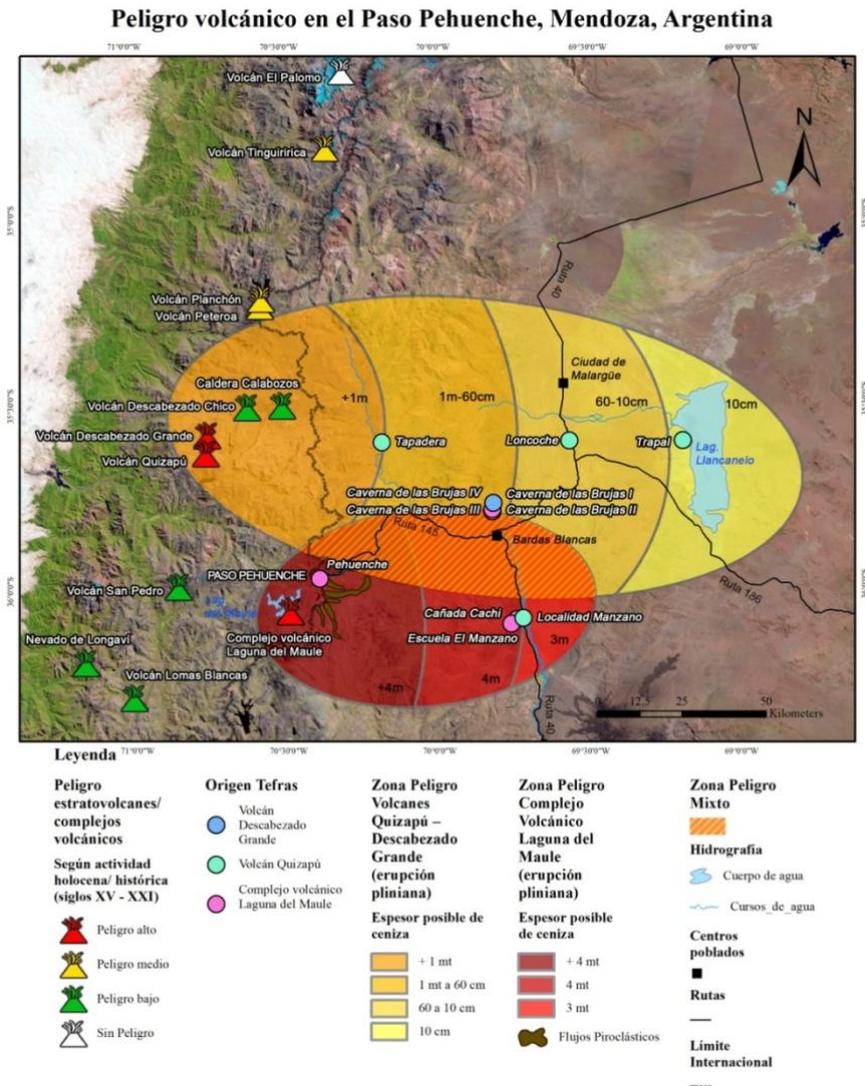


Figura 2.
Fuente: Elaboración autores.

5 - CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el Paso Pehuenche situado en el sur de la provincia de Mendoza, ha sido impactado en más de una ocasión por un vulcanismo de arco explosivo. La caída de cenizas y lapilli provenientes de volcanes emplazados en la Cordillera de Los Andes y a causa de vientos dominantes del oeste, han afectado el área durante el Holoceno y en épocas recientes.

Nuevos eventos eruptivos son esperables ya que este Paso internacional se sitúa en la denominada Zona Volcánica Sur que ha presentado y presenta una intensa actividad volcánica explosiva. Por tal motivo, se consideró importante la elaboración de la carta de peligro volcánico del área del Paso Pehuenche para indicar los espacios con posibilidades de ser alterados por la caída de cenizas volcánicas y los valles cordilleranos con probabilidad de ser invadidos por flujos piroclásticos provenientes de los centros eruptivos de mayor peligro como son el Complejo Volcánico Laguna del Maule y los

volcanes Descabezado Grande y Quizapu. La carta pretende ser un insumo que concientice y aporte a la formulación de medidas de mitigación frente a nuevos eventos explosivos que pueden afectar tanto a personas como infraestructuras, más aún considerando que el Paso Pehuenche será asiento de una importante obra hidroeléctrica como Portezuelo de Viento, vital para el sur mendocino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amigo, A. *et al.* (2012). "Avances en el estudio tefrocronológico post-glacial del complejo volcánico Laguna del Maule". Congreso Geológico Chileno, N°. 13, Antofagasta.
- Amigo, A. *et al.* (2016). "Field Guide Laguna del Maule Volcanic Complex: Amazing uplift caused by a rhyolitic magma reservoir". Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile.
- Bertin, D. & Orozco, G. (2015). "Petrografía, geoquímica y peligros volcánicos de los volcanes Palomo y Tinguiririca, VI Región". Actas del XIV Congreso Geológico Chileno, La Serena.
- Brüggen, J. (1933). "Der Vulkanismus Chiles mit besonderer berücksichtigung der grossen katastrophe von april 1932". Jahresch Ver Naturk Wüttemberg U. 89, 62-64.
- Charrier, R. (1979). "Los volcanes Andrés y Don Casimiro: Dos centros descubiertos en los Andes entre 34° y 34°15' latitud Sur". En: Revista Geológica de Chile N° 8, pp. 79-85.
- Durán, V. & Mikkan, R. (2009). "Impacto del volcanismo holocénico sobre el poblamiento humano del sur de Mendoza (Argentina)". En: Revista Intersecciones en Antropología 10: 295-310. ISSN 1666-2105. Facultad de Ciencias Sociales - UNCPBA – Argentina.
- Fierstein, J. *et al.* (2014). "Tephra in Argentina establishes postglacial eruptive history of Laguna del Maule volcanic field in Chile: 36 silicic eruptions in 14 ka". Actas del XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba.
- Fuenzalida, V. (1941). "Distribución de los volcanes del grupo de los Descabezados". En: Boletín Museo Nacional de Historia Natural, N° 19:19-30. Argentina.
- Fuenzalida, H. (1943). "El Cerro Azul y el Volcán Quizapu". En: Boletín Museo Nacional Historia Natural, N°21: 37-53. Argentina.
- Global Volcanism Program (2017). Recuperado de <http://www.volcano.si.edu>.
- González Ferrán, O. (1995). "Los volcanes de Chile y países limítrofes". Instituto Geográfico Militar de Chile, Santiago de Chile.
- Guerstein, P. (1993). "El volcanismo explosivo cuaternario en el sector septentrional de la zona volcánica sur de los Andes (33- 36 L.S.)". Actas Primeras Jornadas Nacionales de vulcanismo, Medio Ambiente y Defensa Civil, Malargüe, Mendoza.
- Haller, M. & Risso, C. (2011). "La erupción del volcán Peteroa (35°15'S, 70°18'O) del 4 de setiembre de 2010". En: Revista de la Asociación Geológica Argentina N° 68 (2): 295 - 305 (2011) 295.
- Hildreth, W. *et al.* (1984). "The Loma Seca Tuff and the Calabozos caldera: a major ash-flow and caldera complex in the southern andes of central Chile". En: Geological Society of America Bulletin N° 95: 45-54.

- Hildreth, W. & Drake R. (1992). "Volcán Quizapu, Chilean Andes". En: Bulletin of Volcanology N° 54: 93 - 125.
- Hildreth, W. *et al.* (2010). "Laguna del Maule Volcanic Field. Eruptive history of a Quaternary basalto-torhyolite distributed volcanic field on the Andean range crest in Central Chile". Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Boletín 63: 144.
- Kittl, E. (1933). "Estudio sobre los fenómenos volcánicos y material caído durante la erupción del Grupo del "Descabezado", en el mes de abril de 1932". En: Anales del Museo Nacional de Historia Natural "Bernardino Rivadavia", Buenos Aires, tomo XXXVII.
- Lara, L. *et al.* (2011). "Peligros Volcánicos de Chile". Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental, No.13: 34 p., 1 mapa escala 1:2.000.000. Santiago de Chile.
- Naranjo, J. y Haller, M. (2002). "Erupciones holocenas principalmente explosivas del volcán Planchón, Andes del sur (35° 15' S)". En: Revista Geológica de Chile, N° 29: 93-113
- Nelson, S. *et al.* (1999). "The Tertiary tectonic history of the southern Andes: the basement to the Tatara-San Pedro volcanic complex, 36°S". En: Geological Society of America Bulletin N° 111: 1387 -1404.
- Polanco, E. *et al.* (2015). "Geología y geoquímica del Complejo Volcánico Tinguiririca (Pleistoceno Superior-Holoceno), Andes del Sur, Chile". Actas XIV Congreso Geológico Chileno, La Serena.
- Romero J. *et al.* (2015). "Los depósitos de caída de tefra: Una breve revisión sobre su cuantificación y análisis para la clasificación de erupciones volcánicas explosivas, con ejemplos Latinoamericanos. En: Pyroclastic Flow N° 5 (1), 1-33. Journal of Geology. Recuperado de <http://www.pyflow.geohiggins.com>
- Sellés, D. *et al.* (2004). "Geochemistry of Nevado de Longaví Volcano (36.2°S): a compositionally atypical arc volcano in the Southern Volcanic Zone of the Andes". En: Revista Geológica de Chile, Vol. 31, No. 2: 293-315.
- Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (2017). Recuperado de <http://www.sernageomin.cl>.
- Singer, B. *et al.* (2014). "Dynamics of a large, restless, rhyolitic magma system at Laguna del Maule, southern Andes, Chile", En: GSA Today, v. 24 (12): 4-10.
- Sruoga, P., *et al.* (1993). "Riesgo volcánico". En *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, editado por V. Ramos, pp. 659-668. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires.
- Sruoga, P. (2008). "El volcán Planchón-Peteroa. Un modelo para armar". Sitios de Interés Geológico de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 46(1): 237-247, Buenos Aires.

- Sruoga, P. *et al.* (2014). "El complejo volcánico Laguna del Maule (36° 05' S, 70° 30' O): Implicancias en su peligrosidad y Riesgo". Actas XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba.
- Tilling, R. (2009). "Volcanism and associated hazards: the Andean perspective". En: *Advances in Geosciences* N° 22: 125-137.
- Tormey D. *et al.* (1995). "Geochemistry of the active Azufre- Planchón-Peteroa volcanic complex, Chile (35°15'S): Evidence for multiple sources and process in cordilleran arc magmatism system". En: *Journal of Petrology*. 281 Vol. 36, Issue 2: 256-298.