

XII^o Congreso Geológico Argentino y II^o Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza, 1993)
Geología y Recursos Naturales de Mendoza - V. A. Ramos (Ed.), Relatorio, VI (2): 659-667

CAPITULO VI-2

RIESGO VOLCANICO

PATRICIA SRUOGA¹, PABLO GUERSTEIN² Y ADRIANA BERMUDEZ³

¹ CONICET - CRICYT, Mendoza

² Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata

³ CONICET - Dirección Provincial de Minería, Neuquén

INTRODUCCION

El riesgo geológico en general, y el volcánico en particular, han sido motivo de escasa atención en nuestro país. Los fenómenos sísmicos e hídricos son objeto de estudio y monitoreo, aunque todavía insuficientes, como consecuencia de los desastres históricos que han causado. Por el contrario, sólo recientemente, el riesgo volcánico comienza a ser considerado como un problema de incumbencia nacional, a juzgar por el interés despertado en autoridades políticas, científicos y comunidad en general. En gran parte ésto se debe al impacto que produjeron las dos erupciones de 1991: la del Volcán Peteroa, Mendoza, en febrero, y la del Volcán Hudson, Chile, en agosto.

En Argentina, los volcanes activos se encuentran emplazados en la Cordillera de los Andes o muy próximos a ella, donde la densidad demográfica es baja y los grandes centros poblados están alejados. Esta situación modifica significativamente las características del riesgo volcánico para nuestro país en relación con el de Chile. Allí, la zona comprendida entre las latitudes 33° y 46° presenta el índice más alto de actividad volcánica, con un promedio de una erupción cada 0,7 años desde 1800 hasta 1990 (Moreno Roa, 1992). El hecho de compartir su extensa frontera andina con un país de alto riesgo volcánico, determina

para Argentina una situación de vulnerabilidad frente a las diversas manifestaciones de actividad eruptiva, en particular la de tipo explosivo.

En el presente trabajo se analizan los tipos de fenómenos volcánicos cuaternarios, la evolución de los distintos centros, y el riesgo volcánico en general en la provincia de Mendoza. Se ha puesto énfasis en los productos del volcanismo explosivo, en particular la lluvia de cenizas, porque sus efectos suelen repercutir a grandes distancias de los centros eruptivos y pueden causar perjuicios considerables de diversa índole y consideración. En este sentido, se brinda especial atención a la erupción del Quizapu de 1932, dado que constituye el evento volcánico mejor registrado y documentado en la región, del cual se conocen sus efectos perjudiciales y benéficos y representa uno de los fenómenos plinianos más importantes ocurridos durante este siglo.

Antecedentes

Hasta el presente, las acciones conducentes a mitigar el riesgo volcánico en el país respondieron a esfuerzos aislados esporádicos, ya sea a nivel personal, por parte de geocientíficos vinculados al tema, o a nivel institucional, la mayoría de las veces con posterioridad a la emergencia. Así por ejemplo, ante la conmoción provo-

cada por la erupción del Volcán Quizapu, en el año 1932, se destacó un par de comisiones científicas con el fin de evaluar el "fenómeno geológico", pero luego de los consabidos informes detallados (Kittl, 1933a) la demanda de atención permanente quedó insatisfecha.

En los últimos tiempos el INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica) lleva a cabo tareas de monitoreo sísmológico en los volcanes Lonquimay, Hudson, Peteroa y Copahue.

Desde 1987 el Grupo VULCANTAR del Instituto Antártico Argentino y el Museo Nacional de Ciencias Naturales de España, está realizando estudios de seguimiento de la actividad volcánica en la isla Decepción.

En 1990 la Dirección Nacional de Defensa Civil elaboró un documento en el cual se establecen los lineamientos generales para planes de emergencia ante una erupción volcánica (Moscardini, 1993).

En 1991 se creó la Comisión de Emergencia Volcánica de Santa Cruz para evaluar el impacto agroecológico producido por la lluvia de cenizas del Volcán Hudson en todo el territorio patagónico. Además, la Universidad Nacional Patagónica lidera el Proyecto de Volcanismo Patagónico.

Para la provincia de Mendoza, Haller *et al.* (1991) confeccionaron un mapa preliminar de riesgo volcánico para el Volcán Peteroa.

En 1992 el Gobierno de la provincia de Neuquén, a través de la Dirección Provincial de Minería, creó el Grupo de Estudios Vulcanológicos para monitorear el comportamiento del Volcán Copahue y confeccionar el mapa de riesgo, con extensión a otros volcanes potencialmente activos de la provincia, inaugurando de esta forma una etapa de prevención y vigilancia.

Riesgo y peligrosidad

Es importante definir el alcance de términos tales como riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad, debido a la confusión que suele acarrear su empleo indiscriminado. Las definiciones que aquí se indican son las utilizadas por la Dirección Nacional de Defensa Civil (cf. Moscardini, 1993).

En general, un desastre natural tiene lugar cuando un fenómeno de la naturaleza, una erupción volcánica por ejemplo, produce efectos perjudiciales sobre una población y su ambiente. La peligrosidad (*hazard*) es una medida de su capacidad potencial de producir daño, independientemente de la existencia de un agente vulnerable. Es, por lo tanto, un parámetro intrínseco del proceso. La peligrosidad de los volcanes es evaluada mediante el estudio de la actividad eruptiva pasada, estableciendo tipos y frecuencia de cada una de las erupciones, características de los productos emitidos, edad y área de distribución de los mismos.

El riesgo (*risk*) es la probabilidad de que un fenómeno natural produzca daño. Resulta de la combinación de un evento peligroso y un agente vulnerable ($\text{Riesgo} = \text{Peligro} + \text{Vulnerabilidad}$).

Una vez realizado el diagnóstico de la peligrosidad de un volcán o de un campo volcánico, la evaluación del riesgo volcánico debe tener en cuenta principalmente la distribución témporo-espacial de la actividad humana, las características geomorfológicas (relieve, diseño de la red de drenaje, cobertura glacial) y meteorológicas (vientos predominantes, precipitaciones y las variaciones estacionales) del área. Además, el efecto producido por erupciones pasadas, en caso de contar con cronología histórica. Constituye una tarea multi e interdisciplinaria, donde convergen estudiosos de las ciencias de la tierra y de la atmósfera (volcanólogos, geomorfólogos, geógrafos, geofísicos, geoquímicos, edafólogos, hidrogeólogos, meteorólogos), ciencias biológicas (ecólogos, zoólogos, botánicos, veterinarios, médicos), ciencias humanas (psicólogos, sociólogos, economistas, educadores) entre los principales. El objetivo primordial es determinar y luego reducir la vulnerabilidad o exposición que tiene una población y su medio ambiente ante el riesgo volcánico, aumentando su grado de prevención y preparación para enfrentar dicho riesgo.

EVALUACION DEL RIESGO VOLCANICO EN LA PROVINCIA

El volcanismo plio-cuaternario en la provincia de Mendoza se ha desarrollado exclusivamente al sur de los 33°15' de latitud sur. Se presenta asociado a dos ambientes tectónicos, ambos vinculados a la subducción de la placa de Nazca: 1) el arco volcánico actual, a lo largo de la Cordillera Principal y 2) el retroarco, en la región extraandina del sur de Mendoza y norte de Neuquén (véase Ramos y Nullo; Bermúdez *et al.*, este volumen). La persistencia de este marco tectónico durante el Cuaternario y el registro de erupciones históricas en varios centros situados en la cordillera argentino-chilena plantean la necesidad de establecer el grado de peligrosidad para cada volcán. Lamentablemente, no se han realizado aún estudios sistemáticos tendientes a reconstruir en detalle la historia eruptiva de cada centro y establecer las áreas de riesgo para los distintos productos volcánicos.

Volcanismo de arco

Durante el último millón de años, entre los 33°15' y 36°15' de latitud sur, tuvieron lugar importantes eventos explosivos relacionados con generación de calderas. Los fenómenos de este tipo, aunque muy voluminosos,

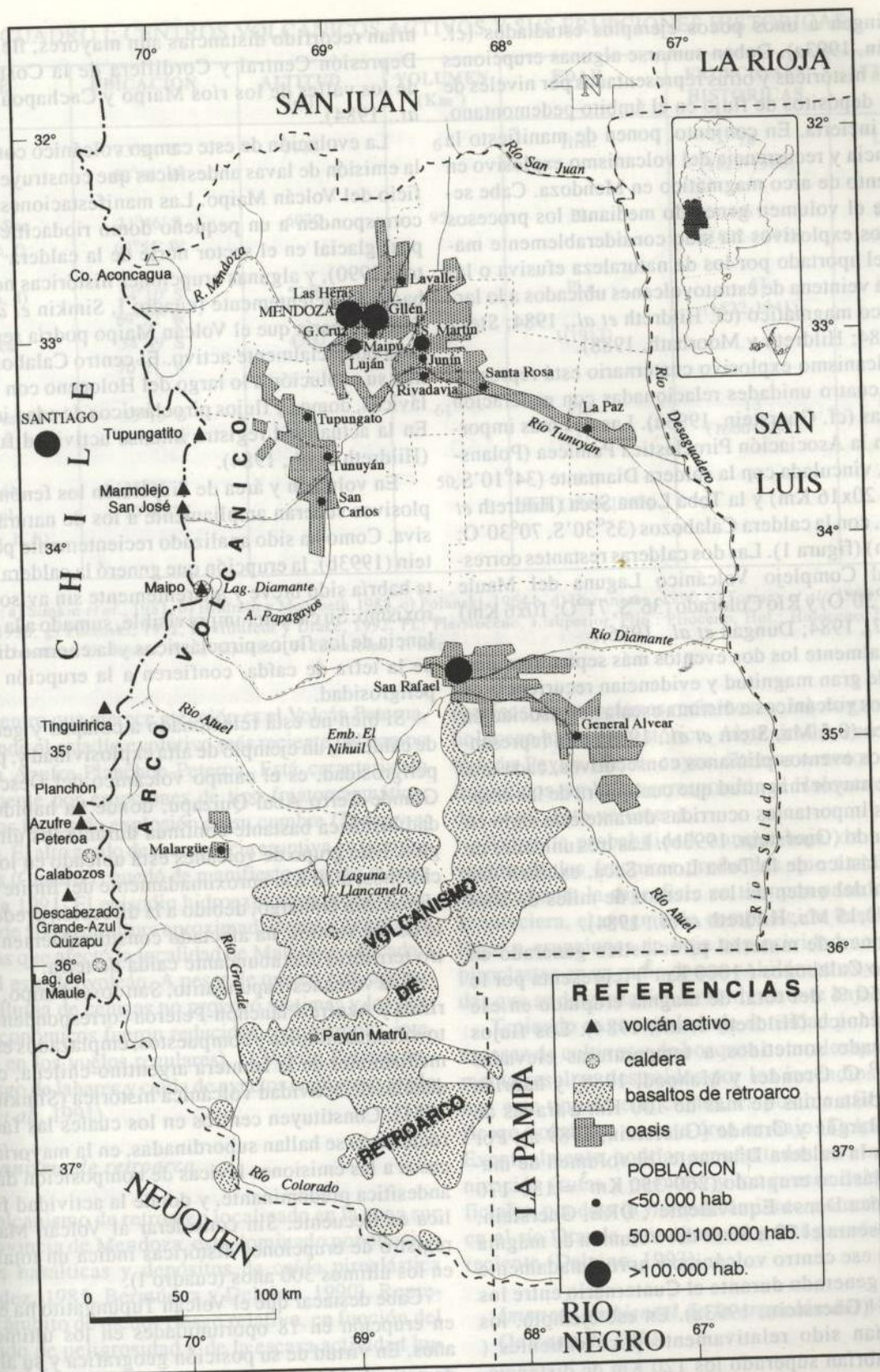


Figura 1: Distribución de los oasis de Mendoza en relación a la localización del volcanismo reciente de arco y de retroarco (Bermúdez et al., este volumen).

se restringen a unos pocos ejemplos estudiados (cf. Guerstein, 1993a). Deben sumarse algunas erupciones plinianas históricas y otras representadas por niveles de ceniza y depósitos de flujo en el ámbito pedemontano, de edad incierta. En conjunto, ponen de manifiesto la importancia y recurrencia del volcanismo explosivo en el segmento de arco magmático en Mendoza. Cabe señalar que el volumen generado mediante los procesos volcánicos explosivos ha sido considerablemente mayor que el aportado por los de naturaleza efusiva o lávica en la veintena de estratovolcanes ubicados a lo largo del arco magmático (cf. Hildreth *et al.*, 1984; Stern *et al.*, 1984; Hildreth y Moorbath, 1988).

El volcanismo explosivo cuaternario está representado por cuatro unidades relacionadas con generación de calderas (cf. Guerstein, 1993a). Las dos más importantes son la Asociación Piroclástica Pumícea (Polanski, 1963), vinculada con la caldera Diamante ($34^{\circ}10'S$, $69^{\circ}45'O$; 20×16 Km) y la Toba Loma Seca (Hildreth *et al.*, 1981), con la caldera Calabozos ($35^{\circ}30'S$, $70^{\circ}30'O$; 26×14 Km) (figura 1). Las dos calderas restantes corresponden al Complejo Volcánico Laguna del Maule ($36^{\circ}S$, $70^{\circ}30'O$) y Río Colorado ($36^{\circ}S$, $71^{\circ}O$; 10×6 Km) (Frey *et al.*, 1984; Dungan *et al.*, 1986).

Especialmente los dos eventos más septentrionales, han sido de gran magnitud y evidencian recurrencia de los procesos volcánicos a distinta escala. La Asociación Piroclástica (0,5 Ma, Stern *et al.*, 1984) está representada por dos eventos plinianos consecutivos, cada uno de ellos de mayor magnitud que cualquiera de las erupciones más importantes ocurridas durante este siglo en todo el mundo (Guerstein, 1993b). Las tres unidades de flujo piroclástico de la Toba Loma Seca, exhiben una recurrencia del orden de los cientos de miles de años (0,8, 0,3 y 0,15 Ma, Hildreth *et al.*, 1984).

El volumen de material piroclástico generado en el complejo Calabozos (1000 Km^3) representa por lo menos un 50 % del total de magma eruptado en ese campo volcánico (Hildreth *et al.*, 1984). Los flujos habrían estado sometidos a temperaturas elevadas (800 a $950^{\circ}C$, Grunder y Mahood, 1988) y habrían alcanzado distancias de más de 100 Km a través de los ríos Malargüe y Grande (Guerstein, 1989 a). Por su parte, en la caldera Diamante, el volumen de material piroclástico eruptado ($260\text{-}350 \text{ Km}^3 = 130\text{-}170 \text{ Km}^3$ de "Roca Densa Equivalente", DRE, Guerstein, 1990) representa el 70 u 80 % del volumen de magma eruptado en ese centro volcánico y aproximadamente el 50 % del generado durante el Cuaternario entre los 33° y $35^{\circ}S$ (Guerstein, 1993a). En ese ejemplo, los flujos habrían sido relativamente poco calientes ($600^{\circ}C$) y habrían superado los 120 Km de distancia, a lo largo de los valles de los arroyos Yaucha y Papagayos, en Mendoza (Guerstein, 1989 b). En Chile ha-

bían recorrido distancias aún mayores, llegando a la Depresión Central y Cordillera de la Costa a través de los valles de los ríos Maipo y Cachapoal (Stern *et al.*, 1984).

La evolución de este campo volcánico continuó con la emisión de lavas andesíticas que construyeron el edificio del Volcán Maipo. Las manifestaciones póstumas corresponden a un pequeño domo riodacítico de edad post-glacial en el sector norte de la caldera (Harrington, 1990), y algunas erupciones históricas no comprobadas fehacientemente (cuadro I, Simkin *et al.*, 1981). Esto indicaría que el Volcán Maipo podría ser considerado potencialmente activo. El centro Calabozos continuó su evolución a lo largo del Holoceno con efusiones lávicas, domos y flujos piroclásticos de edad imprecisa. En la actualidad registra intensa actividad fumarólica (Hildreth *et al.*, 1984).

En volumen y área de dispersión los fenómenos explosivos superan ampliamente a los de naturaleza efusiva. Como ha sido analizado recientemente por Guerstein (1993b), la erupción que generó la caldera Diamante habría sido breve y aparentemente sin avisos pre-pároxismo. Su carácter imprevisible, sumado a la gran violencia de los flujos piroclásticos y la enorme dispersión de la tefra de caída, confieren a la erupción una alta peligrosidad.

Si bien no está relacionado a colapso y generación de calderas, un ejemplo de alta explosividad y, por ende, peligrosidad, es el campo volcánico del Descabezado Grande-Cerro Azul-Quizapu, donde ha habido actividad histórica bastante continua durante los últimos siglos. Este grupo de volcanes está ubicado en los Andes chilenos, a 30 Km aproximadamente del límite internacional. Sin embargo, debido a la dirección predominante de los vientos, ha afectado considerablemente nuestro territorio con abundante caída de tefra.

Los volcanes Tupungatito, San José, Maipo, Tinguiririca y Azufre-Planchón-Peteroa corresponden a estratovolcanes simples y compuestos, emplazados en las inmediaciones de la frontera argentino-chilena, con evidencias de actividad volcánica histórica (Simkin *et al.*, 1981). Constituyen centros en los cuales las facies piroclásticas se hallan subordinadas, en la mayoría de los casos a las emisiones lávicas de composición dacítico-andesítica predominante, y donde la actividad fumarólica es frecuente. Sin considerar al Volcán Maipo, el registro de erupciones históricas indica un total de 38 en los últimos 300 años (cuadro I).

Cabe destacar que el Volcán Tupungatito ha entrado en erupción en 18 oportunidades en los últimos 150 años. En virtud de su posición geográfica y su alta tasa de actividad histórica, constituye un centro de alto peligro y riesgo. Podría tornar vulnerable la zona norte de Mendoza, incluyendo su ciudad capital.

CUADRO I: CENTROS VOLCANICOS ACTIVOS Y SUS ERUPCIONES HISTORICAS

NOMBRE	UBICACION	ALTITUD (m)	VOLUMEN (Km ³)	EDAD	ERUPCIONES HISTORICAS	TIPO
Tupungatito o Bravard	33°24' S 69°48' W	5933	6	Hist.	18 (1829-1980)	L A
Marmolejo-San José (a, b, c, f)	33°46' S 69°55' W	6070	95	Pl.	6 (1822-1941)	L A B D Av
Maipo (a, b, d)	34°10' S 69°52' W	5290	25	Pl.s.	.. 4? (1822-1941)	L A D
Tuinguiririca (a,b)	34°49' S 70°21' W	4300	15	1(1917)		
Planchón-Azufre Peteroa (a, b, e)	35°15' S 70°57' W	4135	61	Plio. Pl.	13 (1660-1991)	L A Av F
Descabezado grande-Azul-Quizapu (a, b, h)	35°35' S 70°45' W	3953	50	P l. Hol. (1846-1967)	14	L A T

Referencias: a) Simkin *et al.*, 1981, b) Hildreth y Moorbath, 1988, c) Polanski, 1964 b, d) Harrington, 1990, e) Tormey *et al.*, 1990, f) Villaroel y Vergara, 1990, g) Polanski, 1972, h) Hildreth y Drake, 1992. Pl.: Pleistoceno, s.:superior, Plio.: Plioceno, Hol.: Holoceno. L: lavas, A: andesitas, B: basaltos, D: domos, Av: avalanchas, F: fumarolas, T: tefras.

Otro centro que merece atención es el Volcán Peteroa. Corresponde al estadio evolutivo más reciente del campo volcánico Azufre-Planchón-Peteroa. Está caracterizado esencialmente por erupciones de tipo freatomagmático, con sendos hoyos de explosión en su cumbre (Tormey *et al.*, 1990). El alto grado de recurrencia eruptiva en tiempos históricos (Cuadro I) quedó de manifiesto una vez más en febrero de 1991. El episodio hidroexplosivo produjo una columna de 500 m de altura aproximadamente y una pluma de cenizas que afectó la localidad de Malargüe, ubicada a 80 Km al este del volcán. A pesar de que en esta oportunidad la lluvia de cenizas no provocó víctimas y los perjuicios económicos fueron reducidos (por ejemplo, interrupción en los vuelos regulares), el Volcán Peteroa implica riesgo de lahares y caída de eyectos en diverso grado (Haller *et al.*, 1991).

Volcanismo de retroarco

El volcanismo de retroarco localizado en la zona sur de la provincia de Mendoza, está dominado por emisión de lavas basálticas y depósitos de caída piroclástica (Bermúdez, 1985, Bermúdez y Delpino, 1990). Representa el ámbito de menor riesgo relativo, en función del bajo grado de peligrosidad y de la escasa actividad humana en el área.

Por las características morfológicas que presentan las lavas y por la existencia de relatos, aunque no muy

precisos, de erupciones recientes, se les asigna una edad holocena hasta prehistórica. Algo similar sucede con el Volcán Payún Matru, cuyos últimos eventos eruptivos traquíticos también corresponden al Holoceno (Bermúdez *et al.*, este volumen).

Existe la probabilidad, aunque baja, de una reactivación de las fracturas profundas que canalizaron el magma hacia la superficie en tiempos pasados. Si ésto aconteciera, el magma de composición basáltica daría lugar a erupciones de baja explosividad con caída de piroclastos en un radio de pocos kilómetros y lavas fluidas que se desplazarían a relativamente baja velocidad.

Teniendo en cuenta la baja densidad poblacional, la escasez de cultivos y de bosques naturales que habitualmente resultan destruidos por los incendios que originan este tipo de erupciones, es posible afirmar que el riesgo volcánico en este área es bajo (Delpino, 1993). Eventualmente, podrían ser afectadas las vías de comunicación (rutas y puentes) y los cauces de agua superficiales, por desvío y/o endicamiento, como ha sucedido en el río Grande, por ejemplo, en el pasado geológico reciente (Delpino, 1993).

Impacto ambiental de la erupción del Volcán Quizapu de 1932

El Volcán Quizapu se originó como un conducto lateral en el cerro Azul en 1846 con emisión de lavas a



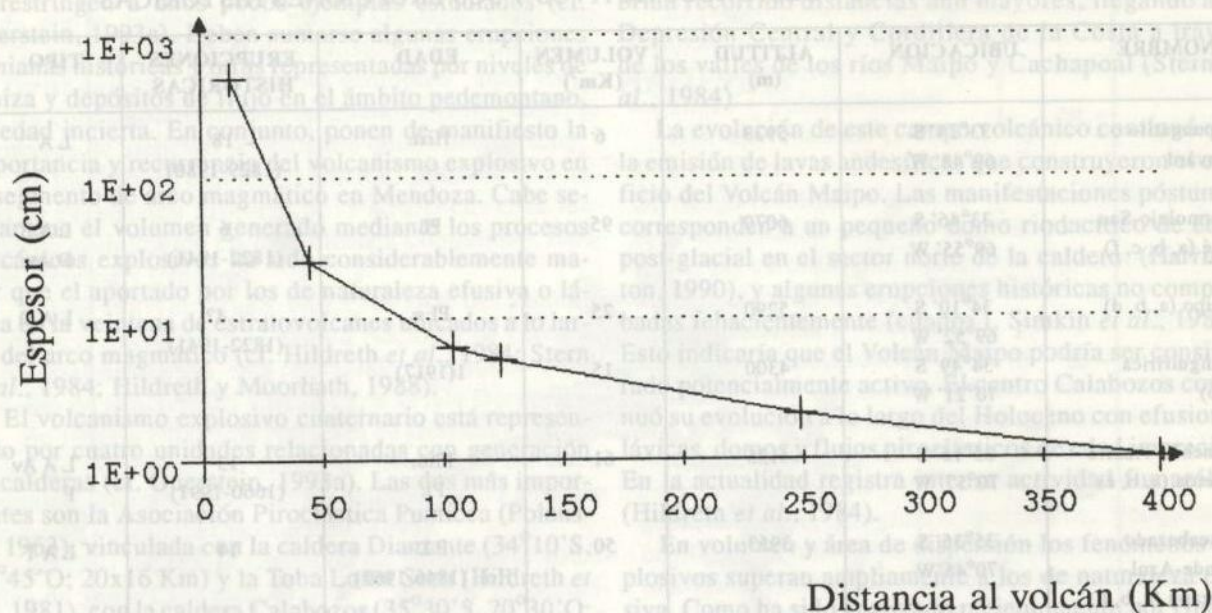


Figura 2. Variación del espesor de las cenizas arrojadas por el Volcán Quizapu en el sentido del transporte, desde el foco emisor hasta el límite interprovincial con San Luis. La escala es logarítmica y los datos han sido tomados de Kittl (1933a) y Hildreth y Drake (1992).

través de fisuras. Entre 1907 y 1932 se registró actividad freática y stromboliana con carácter intermitente hasta el 10 de abril de 1932, cuando se produjo un erupción pliniana de gran magnitud, con una duración estimada de 18-25 hs y una columna eruptiva de 28-32 Km de altura (Hildreth y Drake, 1992). De acuerdo con la reconstrucción de estos autores, inicialmente la nube de cenizas se movió rápidamente sobre Argentina, con una velocidad de propagación de 71 Km/h y un ángulo de dispersión de 15° aproximadamente. Posteriormente, se produjo una lenta expansión y deriva de la nube hacia el noroeste de Chile y sur de Brasil, con una velocidad de propagación de 18 Km/h, llevando cenizas hasta Río de Janeiro, situado a 2.950 Km del centro emisor. El volumen de tefra eyectado ha sido calculado en $9,5 \text{ Km}^3$ ($\text{DRE}=4,05 \text{ Km}^3$) (Hildreth y Drake, 1992). El material se dispersó sobre un eje principal este-oeste, describiendo un óvalo, con brusca disminución de espesor en el sentido del transporte. La línea isopáquica de 5 m se extiende 12 Km desde el centro emisor, la de 1 m 40 Km y la de 10 cm más de 130 Km hacia el este (figura 2). Al poco tiempo de producida la erupción, se registró (Kittl, 1933a) en el valle del río Tordillo y los arroyos tributarios una acumulación de tefra lapillítica de 45 cm, incrementado localmente por acción del viento. En Loncoche, Los Molles y El Sosneado el mismo autor reportó hasta 15 cm de cenizas primarias sin compactar, mientras que al este de Malargüe un manto uniforme de ceniza fina se extendió hasta la provincia de Buenos

Aires. Sólo dos semanas después de la erupción del Quizapu, el Descabezado Grande registró actividad fumarólica por primera vez en siglos. La expedición enviada por el diario Los Andes en abril de 1932 describe la emisión de "densas y elevadas columnas de humo negro al sureste, y blanco, más liviano hacia el noreste". La actividad continuó hasta 1936, con la formación de un nuevo cráter. En 1980 la actividad de este campo volcánico se hallaba reducida a esporádicas nubes de vapor y fumarolas ácidas (Hildreth y Drake, 1992).

Las consecuencias ambientales que determinan las lluvias de cenizas quedan ilustradas por la erupción de abril de 1932, cuando los habitantes de Mendoza creyeron que les había llegado "la hora trágica de Pompeya". Durante varios meses siguientes se evidenciaron efectos atmosféricos, tales como "crepúsculos rojos" en varios países del hemisferio sur (Hildreth y Drake, 1992). Aunque no se conocen víctimas se alteraron sustancialmente las economías locales de los departamentos de Malargüe, San Rafael y General Alvear debido al manto de ceniza depositado sobre las zonas cultivables y los campos de pastoreo. Es de aceptación popular que la decadencia de la ganadería en el sur de Mendoza fue provocada por la erupción del Quizapu. Sin embargo, Abraham de Vazquez y Prieto (1992) han demostrado que esta crisis ambiental no ha sido más que un factor adicional en el complejo proceso de desertificación, el cual se remonta al siglo XVII, con la introducción del ganado por los españoles. De todos modos, puede enu-

merarse una serie de efectos desastrosos, de corto y largo plazo, directamente vinculados con la erupción volcánica (archivo del diario Los Andes, abril-junio 1932).

Entre los efectos inmediatos pueden citarse:

- Ruidos subterráneos, temblores frecuentes, descenso brusco de la temperatura, oscuridad y caída de cenizas generaron un clima de temor, ansiedad y alarma, desde Malargüe hasta Buenos Aires.

- En un radio de 30 Km del volcán los campos son desiertos de "piedra volcánica", sin manifestación de vida alguna.

- Se detectan problemas en las vías respiratorias, y cansancio general por el enrarecimiento de la atmósfera. Aunque el aire huele a azufre la nube no resulta tóxica.

- En Malargüe y zonas adyacentes los ríos y arroyos corren completamente turbios por la ceniza en suspensión, comprometiendo el suministro de agua potable, en una zona donde el recurso es de por sí escaso.

- Fuerte diezmo de la hacienda debido a muerte por inanición, reducción total y/o parcial de las aguadas, ceguera, irritaciones en el tracto digestivo y cálculos intestinales por ingestión de pasto contaminado con ceniza, epidemias de sarna. El ganado más afectado es el ovino y caprino, cuyo principal alimento, el coirón, ha quedado sepultado bajo un manto de 30 cm de ceniza. En Buenos Aires la hacienda padece hambre, el traslado de la misma es el único medio para atenuar la afligente situación.

- Pérdida de la segunda esquila de ovinos debido a sobrepeso excesivo de la lana (peso normal: 2-4 kg, peso con ceniza: 10 kg).

- Derrumbe de ranchos por acumulación de ceniza en sus techos.

- Recalentamiento de las locomotoras, deterioro serio de los motores de aviones y automóviles.

- Alarmismo periodístico, con los consabidos efectos en la salud psíquica de la población.

Entre los efectos a mediano y largo plazo pueden mencionarse:

- Especulación por parte de los dueños de tierras menos afectadas por la lluvia de ceniza, quienes aumentan el canon de pastaje.

- Los cultivos de cebada resultan muy afectados, registrándose importantes alzas en el precio de cereales y forraje.

- Suspensión de la vendimia en Chile y en Mendoza.

- En Malargüe, durante los meses que suceden a la erupción, los vientos huracanados (80 Km/h) removilizan la ceniza depositada, provocando disminución en la visibilidad, accidentes y molestias varias. Se agudiza la epidemia de difteria.

- Fue pronosticado un aumento de la temperatura en verano debido a la reflectancia del manto de ceniza.

- Pérdida de los campos de veranada.

- Autoevacuación y abandono definitivo de tierras por parte de una treintena de puesteros de la zona cordillerana, debido a la demora de auxilios crediticios por parte del gobierno, y a la especulación de comerciantes y grandes hacendados.

Sin embargo, como todo fenómeno natural tendió a producir un equilibrio ecológico con algunos efectos positivos como por ejemplo la desaparición de insectos perjudiciales para la agricultura, tales como la cochinilla y el pulgón, atenuándose el impacto negativo sobre la economía local. Además, se crean expectativas acerca de los beneficios de las cenizas a la fertilidad de los suelos. Si bien Forchino (1936) considera que son inertes, desde el punto de vista químico, y por ende carecen de propiedades fertilizantes, algunos experimentos realizados con semillas de trigo arrojaron resultados positivos, incrementando el rendimiento de las semillas y la tasa de crecimiento de las plantas por efecto de la ceniza.

Características meteorológicas y geomorfológicas

Entre los fenómenos meteorológicos a tener en cuenta en la evaluación del riesgo volcánico en la provincia de Mendoza, los vientos adquieren especial relevancia. El viento constituye el agente de transporte del volumen de tefra puesto en suspensión. Su dirección y velocidad determinan la magnitud del cono de dispersión, y los efectos secundarios asociados con la removilización de la ceniza.

En Mendoza, el viento más típico es el Zonda. Suele soplar entre los meses de abril a noviembre y se caracteriza por la gran variabilidad de dirección y rafagiosidad. Su aparición en el llano ocurre en promedio entre 8 y 11 veces por año, con eventos de Zonda severo solamente 1 o 2 veces al año (110-130 Km/h), mientras que en Precordillera su frecuencia es mucho mayor (Zonda en altura) (Norte, 1986). Según el mapa de isovelas medias anuales, la provincia de Mendoza está sometida a vientos con velocidades que varían entre 0 y 30 Km/h, siendo los más regionales los que soplan a velocidad entre 5 y 15 Km/h (zona norte: 5-10 Km/h, zona sur: 10-15 Km/h), mientras que los más fuertes (20 a 30 Km/h) están restringidos a la zona cordillerana. En cuanto a la frecuencia anual de dirección de vientos, es necesario considerar cada zona en particular en relación a las características orográficas locales. Así por ejemplo, en la zona cordillerana norte (estación Puente del Inca) el viento predominante sopla en dirección este y supera ampliamente a las calmas, mientras que en Malargüe predominan las calmas en relación a los vientos que soplan con igual frecuencia hacia el sudoeste, noreste,

- El sector $33^{\circ}30'$ - $34^{\circ}S$ está caracterizado por erup-tividad de naturaleza efusiva. Este sector no debe ser desatendido, en especial por su proximidad relativa a los principales centros poblados de Chile y Argentina. Es importante evaluar la cobertura glacial de los volca-nes Tupungatito, Marmolejo y San José, como así tam-bién los mínimos indicios de actividad volcánica (sis-mos, anomalías térmicas) ante el riesgo de lahares y fenómenos de remoción en masa en general.

- El sector 34° - $35^{\circ}S$ implica riesgo por la actividad potencial del Volcán Maipo y por la eventual repetición de un episodio catastrófico como el que generó la cal-dera Diamante. Si en la actualidad tuviera lugar una erupción con esas características, podrían quedar total-mente destruidas ciudades como Santiago y Rancagua, en Chile, o Pareditas y la represa Agua del Toro en Men-doza. La ceniza transportada por los vientos cubriría casi toda la provincia de Mendoza, y gran parte de los territorios de Argentina, Uruguay y sur de Brasil.

- En los tres sectores señalados la generación de flu-jos piroclásticos y lahares representa un alto riesgo para los oasis mendocinos, ya que tenderían a encauzarse por los ríos principales (Tunuyán, Diamante, Atuel, Gran-de), comprometiendo en diversas formas los centros po-blados y su entorno ecológico, desde el abastecimiento del agua potable hasta su seguridad. Por último, este trabajo pretende advertir a quien corresponda, acerca de los innegables beneficios de trabajar para la mitiga-ción de un potencial desastre natural. Además, sugerir un camino de estudio sistemático de la actividad volcá-nica local como punto de partida para reducir el grado

de vulnerabilidad de la población y facilitar la convi-vencia con los "gigantes dormidos".

Como mero ejemplo de un intento en tal sentido, se sintetiza el plan de trabajo contenido en el proyecto ti-tulado "Evaluación del riesgo volcánico en el sur de la provincia de Mendoza", dirigido por uno de los autores del presente trabajo (P.S.) y en vías de aprobación. El mismo constituye un estudio piloto, multidisciplinario, del Volcán Peteroa, cuyo objetivo es la elaboración de un mapa de zonificación de riesgo, de uso múltiple, eva-luando el impacto ambiental potencial sobre las activi-dades productivas de la región y la vida silvestre.

- 1) Mapeo geológico-volcanológico y geomorfológi-co del Volcán Peteroa.
- 2) Formulación del modelo eruptivo del volcán y su peligrosidad.
- 3) Relevamiento poblacional y determinación de la biodiversidad actual.
- 4) Confección del mapa de riesgo zonificado.
- 5) Determinación de criterios de alerta.
- 6) Traslado de la información a Defensa Civil para la elaboración de un plan de emergencia.
- 7) Difusión de los resultados obtenidos en la comuni-dad.

Finalmente, la concreción de este plan de trabajo puede resultar un esfuerzo intrascendente si no va acompañado de una decisión política de impulsar y apo-yar en forma permanente estudios orientados hacia la prevención del riesgo volcánico.

de la Precordillera.
El clima es frío a semi-frío, con precipitaciones medias anuales que no superan los 235 mm. Las lluvias se producen en los meses de primavera y verano, quedando prácticamente nulas en el resto del año. Hay siempre de lluvias muy intensas, de carácter intermitentes, las que duran unas pocas ho-ras, pero que sin embargo dan lugar a crecientes periódicas de considerable magnitud. Estas originan aluviones de lodo de importancia que estorran por las caídas y torrentes, generalmente secos, los que, a medida que convergen a cauces mayores sobre la planicie de aluviones, van aumentando hasta alcanzar la planicie aluvional, anegando los barrios periféricos de la Gran Mendoza y, en determinadas circunstancias, el mismo centro de la ciudad. La ciudad se encuentra marginada por el norte, oeste y sur por sedimentitas plioleisotónicas y triásicas, relativamente frías. La erosión ha elaborado en el paisaje profusamente disectado creando un río principal, fuertemente recorrido y cuya red de avencamiento se ha transformado por innumerables cauces de arroyuelos, riachuelos y zanjones que confluyen cuesta abajo, en cauces principales, sumamente densos y subparalelos, con

sistencias, las que afloran por efecto de la erosión del regolito o de los sedimentos recientes que las recubren. El regolito es producto de la intemperización por destrucción mecánica sufrida por la roca madre, en sus sectores más superficiales, dada la pobre y/o carente cubierta vegetal, por efecto de temperaturas diferenciales.

Las condiciones topográfico-morfológicas descrip-tas cubren un área extensa, correspondiente a la mayor parte de la planicie de pie de monte y en donde cabe resultar que en función de lo disectado de la misma, la superficie específica resulta incrementada. Esto da motivo a que las precipitaciones, dado el mayor desarrollo superficial, motiven una mayor concentración del agua caída y, por ende, el volumen sujeto a escurrimiento resulta incrementado respecto de áreas más unifor-memente llanas, aumentando el poder erosivo y dando lu-gar a la formación de verdaderos zanjones de paredes verticales, de fácil degradación por derrumbes.

Todo ello produce un abundante material, bien gra-dado, con abundancia de bloques, rodados y lodos, los cuales se van depositando, a medida que el escurrimien-to lo hace, a través de cruces de monte pendientes hacia que los finos predominan en los sectores más distales