

# MORFOLOGÍA COMPLEJA Y DINÁMICA DE LOS CONOS MONOGENÉTICOS LOS MORADOS SUR EN EL CAMPO VOLCÁNICO PAYÚN MATRÚ, MALARGÜE, MENDOZA

**Raúl Alejandro Mikkan**

Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras

Universidad Nacional de Cuyo

## **Resumen**

Al este de la cordillera de Los Andes y sur de la provincia de Mendoza en Argentina, el vulcanismo de retroarco en el Holoceno fue responsable de la edificación de más de 800 conos monogenéticos. En ocasiones se piensa que estos volcanes por entrar en erupción una sola vez en su vida, presentan dinámicas eruptivas, estructuras y morfologías sencillas. Un estudio realizado en un conjunto volcánico denominado Los Morados Sur demuestra lo contrario, ya que se puede interpretar que sus variados estilos eruptivos en diferentes fases y morfologías resultantes, fueron condicionados por la combinación de factores estructurales y topográficos pre-eruptivos, desembocando en modelados complejos de gran interés científico y acentuada belleza paisajística.

**Palabras clave:** volcanes, monogenético, geoformas, Holoceno

## **Abstract**

To the east of the Andes mountain range and south of the province of Mendoza in Argentina, the volcanism of retroarc in the Holocene was responsible for the construction of more than 800 monogenetic cones. Sometimes it is thought that these volcanoes erupt only once in their life, have eruptive dynamics, structures and simple morphologies. A study conducted in a volcanic complex called Los Morados Sur demonstrates the opposite, since it can be interpreted that its varied eruptive styles in different phases and resulting morphologies, were

conditioned by the combination of pre-eruptive structural and topographic factors, leading to complex modeling of great scientific interest and accentuated scenic beauty.

**Keywords:** volcanoes, monogenetic, geoforms, Holocene

---

Recibido: 18/04/2017 Aceptado: 05/12/2017

## INTRODUCCIÓN

Los volcanes monogenéticos hacen erupción en una sola ocasión y su formación puede abarcar días, semanas, meses o años originando conos de escorias (*cindercone*) con abundante emanación de lava. Estos volcanes denominados por Romero (1992) “unidades volcánicas simples”, son las formas de relieve más difundidas en la superficie de la Tierra y están asociados con ambientes tectónicos extensionales. Generalmente se piensa que al ser elaboradas en una sola erupción y poseer un sistema de conductos simple empleado durante su actividad magmática, su estructura, dinámica eruptiva y morfología en todos los casos son sencillas, concepto a veces discutible al analizar la evolución de algunos de éstos sistemas volcánicos.

Para demostrar esto último se estudió el conjunto volcánico Los Morados Sur (CVMS) situado en el campo volcánico del volcán Payún Matrú, departamento de Malargüe, provincia de Mendoza a 36° 24' 13" S y 69° 27' 37" W (Figura 1). En el mismo, la morfología de sus conos monogenéticos es compleja producto de una dinámica constructiva que dependió no sólo de los estilos eruptivos y de sus caracteres estructurales sino también, fue condicionada por la topografía previa al emplazamiento que derivó en modelados que realzan el valor científico y paisajístico de este espacio.

El Conjunto volcánico Los Morados Sur se sitúa en el departamento de Malargüe, provincia de Mendoza, a 120 km al sur de la ciudad cabecera y a 21 km al este de la ruta nacional Nº 40 que une la ciudad de Malargüe con la provincia del Neuquén dentro del campo volcánico del volcán Payún Matrú.

**Figura 1: Área de estudio**



Fuente: Imagen Google Earth

## METODOLOGÍA

La metodología empleada fue la interpretación de geoformas a través de trabajo de campo fundamentalmente y la utilización de imágenes Google Earth. Por otra parte se realizaron dataciones de lapillis con Termoluminiscencia (TL) en el laboratorio de la Universidad Católica de Chile y para el cálculo de inclinación de terrenos se emplearon cartas topográficas 1:50.000 de la zona y control de campo con GPS.

## CONOS MONOGENÉTICOS EN EL CAMPO VOLCÁNICO DEL PAYÚN MATRÚ

El campo volcánico del volcán Payún Matrú abarca unos 5.200 km<sup>2</sup> y forma parte de la reserva natural provincial La Payunia. La actividad magmática del campo está asociada a un vulcanismo de retroarco como consecuencia de la subducción tipo

*back-arc* de la placa oceánica de Nazca bajo la continental Sudamericana en esta latitud.

Numerosos conos monogenéticos se encuentran esparcidos en el área que rodea al volcán Payún Matrú y forman parte del patrimonio geomorfológico de la región. Es un campo joven, con una gran variedad de morfologías de conos de escoria asociadas con la historia compleja de erupciones de algunos de ellos (Llambías *et al.*, 2010). Estos conos no volverán a entrar en erupción debido a que los conductos utilizados por el magma durante su ascenso, se encuentran obstruidos por diques lávicos que crean barreras mecánicas que obligan al nuevo magma a seguir caminos diferentes en el caso de existir la posibilidad de una moderna erupción; sin embargo el campo en su conjunto sigue siendo activo por lo reciente de algunas erupciones. Por lo tanto una próxima erupción puede ocurrir cerca de la anterior pero no en el mismo punto ya que la duración del vulcanismo en un campo volcánico podría expandirse millones de años (Németh, 2010).

En este campo los volcanes monogenéticos constituyen mayormente cadenas lineales que siguen fracturas. La actividad volcánica se inicia en el Terciario generando cientos de conos que arrojaron enormes volúmenes de lava básica. Los materiales fragmentarios generalmente no superan el 1 a 5 % del material total de las erupciones debido al reducido proceso de vesiculación y fragmentación de los magmas máficos.

El origen de los basaltos se debe a momentos de tectónica extensional que permitió pulsos de magma que habrían ascendido desde la base de la corteza y del manto superior (reservorios profundos). Como lo explican Ramos y Folguera (2005) “el magma debió ascender rápidamente y sin estancamiento en cámaras magmáticas”.

Sin duda los requerimientos para que el magma se desplazara desde los reservorios profundos hasta la superficie fueron la baja viscosidad del fundido, una velocidad de desplazamiento elevada y la presencia de un conducto o un sistema de conductos para transportar el fluido.

## **CONJUNTO VOLCÁNICO LOS MORADOS SUR**

Los Morados Sur es un conjunto de conos de escoria monogenéticos superpuestos o sobreimpuestos según la clasificación de Corazzato y Tibaldi (2006). Están relacionados con una misma erupción y sus cráteres se encuentran alineados pero no

se interfieren, generando una morfología elíptica del grupo volcánico que fue elaborado a merced de una fractura con dirección noroeste – sureste (Figuras 1 y 2).

**Figura 2: Conjunto volcánico Los Morados Sur.**



Fuente: Fotografía del autor.

Se pueden observar los materiales rojizos que conforman los conos cubiertos por lapilli oscuro producto de erupciones violentas. En primer plano se destaca el borde de una colada de lava básica proveniente del CVMS.

#### **- Edad de los conos**

Los conos pertenecen al Holoceno y conservan sus rasgos originales dadas las condiciones climáticas secas imperantes en la región.

El CVMS es de las formas del relieve más jóvenes del campo del volcán Payún Matrú. Su edad se puede correlacionar con la de los conos monogenéticos denominados Los Morados ubicados al norte (Figura 1) y que según Németh *et al.* (2011), son más modernos que los campos de lava basálticos elaborados al oeste del Payún Matrú y que rellenaron el valle del río Grande que corre paralelo a la ruta 40 (Figura 1). La edad de las coladas de lava más jóvenes que forman el piso de la última colada de lava emitida por Los Morados erupcionó alrededor de  $0,016 \pm 0.001$  Ma a  $0,041 \pm 1$  Ma AP.

A su vez, la razón altura/diámetro basal (Hco/Wco) del conjunto Los Morados Sur es de 0,2, valor comparable a cualquier morfología de cono de escoria que está dentro del rango de 10.000 años de antigüedad (Németh *et al.*, 2011). A esto se suma la

inexistencia de disección lineal en las laderas de los conos y la falta de vegetación, lo que permite inferir que la actividad eruptiva del conjunto fue reciente.

Por otra parte, la morfología de los conos concuerda con la descripción que realizan Bermúdez, *et al.* (1993) de conos de edad holocena-histórica, los se encuentran perfectamente conservados, pendientes altas y campos de bombas en su posición original que ocupan hasta un 10 % del total del cono.

Finalmente se contó con una datación por Termoluminiscencia (TL) (Mikkan, 2007) en lapillis negros que fueron emitidos por el cono principal de Los Morados y que serían contemporáneos a los arrojados por Los Morados Sur. La misma arrojó una edad de  $515 \pm 50$  años AP por lo que la erupción que los origina se puede considerar histórica.

### **- Morfología del conjunto volcánico Los Morados Sur**

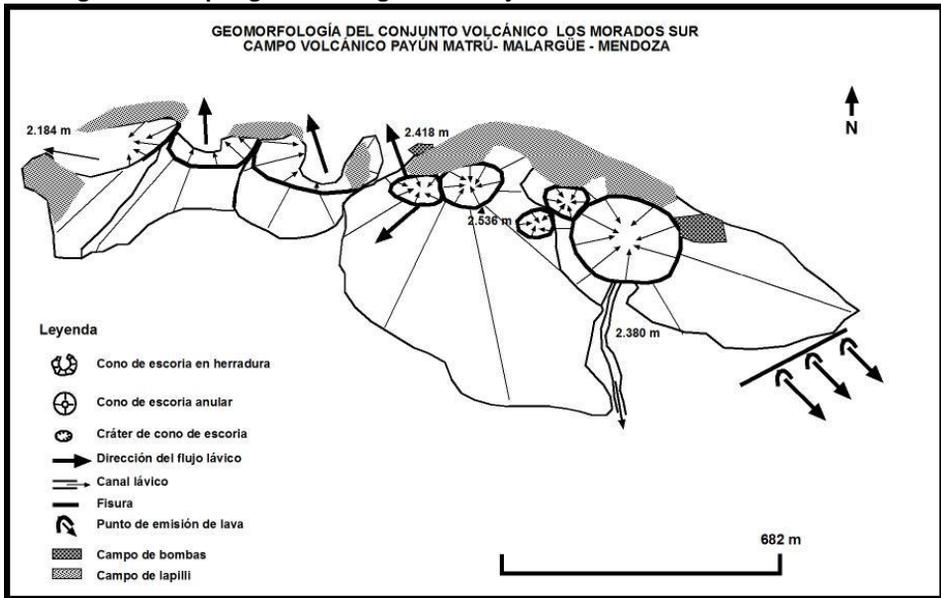
- *Influencia del sistema de fracturación*

En los conos monogenéticos el sistema de fracturación es uno de los principales factores que interviene en la morfología final de los edificios volcánicos al condicionar tanto la disposición espacial, la planta y el alzado de los mismos (Romero, 1992).

Las erupciones en Los Morados Sur se producen a partir de una única fractura generando un conjunto de gran continuidad morfológica en donde los cráteres se disponen en forma prácticamente rectilínea y los conos se superponen o imbrican formando un sistema volcánico lineal de 3 km de longitud. Se puede observar una concentración de energía de la actividad volcánica en el tramo centro-este de la fisura donde dos conos sobresalen en tamaño, alcanzando uno de ellos la mayor altura del conjunto con 2.536 m.s.n.m. (Figura 3).

Como indica Németh (2010), la lava emitida tiende a erupcionar inicialmente a lo largo de la longitud de la fractura antes de concentrarse en uno o dos puntos como grandes fuentes de lava o con erupciones explosivas estrombolianas como ocurrió en el CVMS.

**Figura 3: Croquis geomorfológico del conjunto volcánico Los Morados Sur.**



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth.

- *Tipos de conos y cráteres*

Los Morados Sur es una coalescencia de cinco conos de escoria con ocho cráteres alineados que no se interrumpen. Esta superposición genera complicaciones a la hora de distinguir la línea de separación entre los conos. Sin embargo, se puede observar que los tres conos occidentales del conjunto están abiertos y los dos restantes al oriente de los anteriores son anulares (Figura 3). Los rasgos morfológicos de cada uno de ellos son el resultado de la combinación de distintos factores y diferente evolución.

En el caso de los conos con forma de herradura, en dos de ellos la abertura es hacia el norte y en el tercer caso al oeste. Estos conos tuvieron una fase inicial explosiva para pasar luego a una explosiva-fluidal basáltica que generó las aperturas por el derrumbe de una de las laderas del cono debido a que la emisión de la lava se produjo desde el conducto central en la base del cono. De esta forma arrastró parte

del edificio volcánico y grandes bloques del cono o *rafts* piroclásticos se trasladaron flotando sobre las coladas de lava.

Este proceso se vio favorecido por la inclinación de la superficie pre-eruptiva en este sector de la fractura ya que el emplazamiento de los conos se da en una topografía del terreno de unos 6° de este a oeste lo que favoreció el colapso y apertura de uno de los conos hacia el oeste. Sin embargo, también debió influir la dirección de inclinación del conducto de emisión de cada cono lo que explicaría que dos de ellos se brecharon hacia el norte.

En el caso de los dos conos anulares su erupción fue mayormente explosiva en una primera fase y en una segunda fase se produjo emisión de lavas básicas a través de los cráteres.

El conjunto se distingue también por sus ocho cráteres. El primer cráter y más oriental presenta forma en embudo y corresponde a un cono que está compuesto por escoria roja con emisión de bombas. Este cono expulsó coladas tipo *aa* de basaltos rojizos en una primera fase eruptiva y otras de color oscuro correspondientes a una segunda fase de actividad que se dirigen hacia el sur con canales de lava al inicio por ser coladas del tipo *aa*, para pasar luego al tipo *pahoehoe* a causa de una disminución de la pendiente del terreno (Figura 4).

Se observa el canal lávico de una colada *aa* que se dirigió al sur y que “corta” a otra colada anterior de color rojizo. Al fondo se aprecia el color negro de coladas basálticas con origen en Los Morados Sur y que en algunos casos han recorrido más de 20 km de distancia.

Al oeste de esta primera boca, se encuentra un segundo cráter que corresponde al mismo cono y presenta una forma cerrada y circular por su carácter mayormente explosivo. La emisión de basaltos fue escasa y se encuentran adosados en la pared interna del mismo en forma de escamas que alcanzaron a emerger y derramarse a corta distancia hacia el sur. El cráter en sus bordes presenta lapilli negro cubriendo las escorias rojas del cono que en este punto presenta grietas y pequeños orificios que se relacionan con salidas de fumarolas extinguidas (Figura 5).

Contiguo al segundo cráter y separado por un estrecho filo intercratérico, se encuentra un tercer cráter que corresponde al segundo cono situado hacia el oeste del anterior (Figura 5). Este cráter es circular y cerrado por su carácter únicamente explosivo sin emisión de lava. Presenta algo de lapilli negro en su labio sur que recubre las escorias rojizas del cono.

**Figura 4: Cráter oriental**



Fuente: Fotografía del autor.

**Figura 5: Cráteres segundo y tercero con forma circular.**



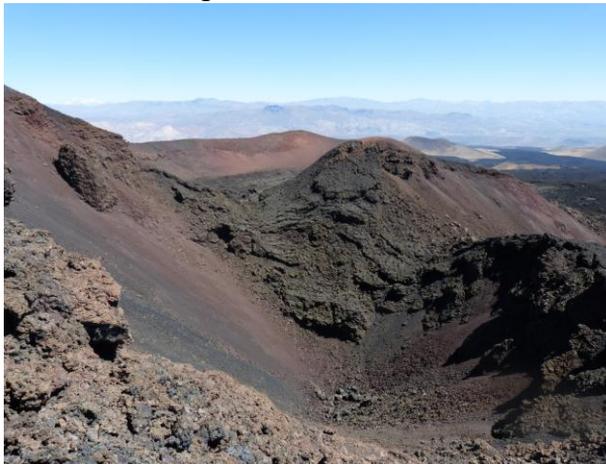
Fuente: Fotografía del autor.

**Figura 6: Cuarto cráter de morfología circular.**



Fuente: Fotografía del autor.

**Figura 7: Quinto cráter.**



Fuente: Fotografía del autor.

El cuarto cráter también es circular y se ubica al oeste del tercero. Emitió material lávico (Figura 6) y el cono que lo aloja es el mismo que contiene al cráter tercero y que alcanza la mayor altitud del conjunto (Figura 3). Lo interesante de este cráter es que la lava erupcionada se volcó en un quinto cráter situado al oeste y a menor altitud al superar el filo que los separa.

En sus bordes la lava básica oscura que emanó cubre las escorias y bombas rojizas del cono y se dirige al quinto cráter ubicado al oeste. Al fondo las coladas negras basálticas que se originan en este conjunto volcánico rodean conos de edad pleistocénica y se dirigen al río Grande al occidente.

El quinto cráter pertenece al mismo cono que los dos anteriores y emitió un enorme volumen de lava hacia el sur y noroeste del conjunto, alimentado a su vez por lava proveniente del cuarto cráter (Figura 7).

En sus bordes se contempla la lava basáltica producto de una fase hawaiana. Esta abertura expulsó además durante una erupción estromboliana violenta lapilli de color negro que cubre en gran parte el área.

Este cráter corona parte de la ladera del cono que mira al norte y que se caracteriza por encontrarse tapizada de escoria gruesa suelta y en su base se encuentran diseminadas grandes bombas y bloques emitidos durante una erupción de tipo hawaiana lo que explica el gran volumen lávico emitido por el cráter. El mismo cráter sería también el responsable de la emisión de lapilli negro que cubre las laderas de los conos del conjunto y que se esparcieron principalmente hacia el este y algo hacia el noreste según los vientos dominantes al momento del paroxismo. El volumen acumulado de estos depósitos piroclásticos es de unos 0,3 km<sup>3</sup> y alcanzan al menos 10 km desde su boca de origen, cubriendo un área de unos 25 km<sup>2</sup>. Hoy se encuentran modelados por el viento formando *ripples* eólicos y pequeñas dunas de lapilli (Figura 8).

En primer plano un campo de bombas rojizas relacionado con la primera fase de elaboración de los conos del conjunto volcánico.

Los cráteres sexto, séptimo y octavo, como se describió anteriormente, presentan forma en herradura y son de menor envergadura que los dos anteriores (Figura 3). La lava que emanó de ellos con dirección norte y oeste, contiene bloques del cono colapsado y alcanzan hasta 16 kilómetros de longitud, dirigiéndose principalmente hacia el río Grande y al unirse con coladas de lava provenientes de los otros conos del conjunto configuran una extensa y oscura planicie de lava al oeste de los Morados Sur (Figura 9).

- *Coladas de lava*

Se pueden establecer dos momentos de emisión de lava durante la edificación de los Morados Sur. Flujos de lava *aa* de un primer evento se extendieron hacia el norte y sur del conjunto volcánico y su identificación se logra a través del color rojizo de sus materiales. Estas coladas no recorrieron grandes distancias, superando escasamente el kilómetro de longitud en los mejores casos. Actualmente están cubiertas por lapilli negro producto de episodios eruptivos posteriores. En algunos sitios se pueden observar hornitos sobre la superficie de las coladas que presentan en su vértice la abertura circular por la cual escaparon los gases y la lava que se apiló sobre la colada. En uno de ellos la erosión ha causado la caída de una de sus caras lo que permite apreciar en su totalidad el conducto por donde ascendió la lava (Figura 10).

La imagen muestra un hornito con una de sus caras derrumbada que permite ver el conducto de salida de la lava. Para realzar el tamaño del hornito, la flecha señala a dos personas localizadas en uno de los flancos de la geoforma.

Un segundo evento se caracterizó por el aporte de coladas de basaltos oscuros. Estas coladas son de tipo *aa* en sus inicios por la fuerte pendiente de los juveniles conos cuyo rasgo esencial es una cobertera rota, áspera, constituida por fragmentos heterométricos móviles y de textura escoriácea, con la formación de canales lávicos y muros de enfriamiento. Con la disminución de la inclinación del terreno en la base del conjunto se produce una transición al tipo *pahoehoe* y recorren distancias de hasta 20 km, cubriendo extensas porciones de superficie debido a la alta fluidez de los basaltos que presentan, en varios sectores, enormes grietas de tensión muy marcadas (Figura 11). El volumen total de lava emitido en este segundo evento se estima en  $0,75 \text{ km}^3$  considerando 10 m como promedio de espesor de la colada.

**Figura 8: Lapilli negro con formación de *ripples* eólicos.**



Fuente: Fotografía del autor.

**Figura 9: Cono en herradura con su colada basáltica**



Fuente: Fotografía del autor.



**Figura 10: Hornito con una de sus caras derrumbada**

Fuente: Fotografía del autor.

**Figura 11: Lava tipo *pahoehoe* con grietas de tensión.**



Fuente: Fotografía del autor.

## DISCUSIÓN

El conjunto volcánico Los Morados Sur son volcanes monogenéticos que presentan variados rasgos geomorfológicos a través de conos, cráteres y coladas de lavas, producto de la combinación de factores estructurales, topográficos y evolutivos.

Los modelados permiten deducir tres fases constructivas del conjunto con diferentes estilos eruptivos. La primera se caracterizó por erupciones tipo estrombolianas con la consiguiente formación de conos de escorias rojas y sus cráteres. La causa de este estilo eruptivo pudo haber sido similar a la ocurrida en Los Morados al norte y descrita por Németh *et al.* (2011), donde se produjo el establecimiento en el conducto volcánico de una columna de magma estable que tuvo la capacidad de acoger burbujas que tendían a unirse. La coalescencia de las mismas generó bolsas de gas que causó periódicos estallidos típicos del estilo estromboliano.

En el CVMS la actividad volcánica en ese momento estaba dominada por la formación de escoria roja mediana y pequeña (lapilli) con pobre aglutinamiento e importante cantidad de bombas de trayectoria tipo balística que se acumularon en un área restringida. La actividad piroclástica estuvo acompañada de la emanación de lava de poca fluidez y de color rojizo.

La segunda fase se reconoce por la emisión de extensos flujos de lavas basálticas oscuras acompañadas de escorias gruesas y campos de bombas bajo un estilo eruptivo hawaiano. La emisión de lava por la parte inferior de algunos conos combinada con una topografía pre-eruptiva inclinada llevó al colapso de una de sus laderas generando conos en herradura en la parte occidental de la fractura. En el resto de los conos la lava salió a superficie por sus cráteres sin ocasionar el desplome del cono, recorriendo grandes distancias por la basicidad de la misma. Solamente un cráter, el número tres descrito anteriormente, no presentó reactivación en esta etapa por lo que no emitió lava.

Una tercera fase estuvo caracterizada por una erupción estromboliana violenta en uno de los cráteres del cono central y de mayor altura de la fractura, tal vez generada por una reducción importante en la velocidad de ascenso del magma y repentina descompresión. Esta erupción produjo una columna de piroclastos en altura que se desplazó hacia el este y noreste reflejando una fragmentación efectiva del magma que depositó un manto de ceniza y lapilli negro de edad posiblemente histórica según fechados de TL (Mikkan, 2007) que se distribuyó recubriendo espacios planos y las laderas de los conos. El hecho de que los flujos de lava más jóvenes no están

cubiertos por lapilli, sugiere que las coladas lávicas aún avanzaban durante esta etapa de erupción violenta.

## CONCLUSIONES

Los volcanes monogenéticos por hacer erupción es una sola oportunidad se consideran generalmente sistemas elementales. Sin embargo en ciertas ocasiones sus estructuras, dinámicas eruptivas y morfologías resultantes son complejas. El conjunto volcánico Los Morados Sur en el campo volcánico del volcán Payún Matrú en el sur de la provincia de Mendoza, demuestra que volcanes cuya vida se circunscribe a una sola erupción y determinados por una sola fractura, presentan diversidad morfológica como consecuencia de diferentes factores y las combinaciones entre ellos, lo que pone en evidencia una realidad compleja a veces de estos aparatos volcánicos a pesar de su corta actividad.

El estudio geomorfológico del conjunto volcánico permitió establecer los diferentes estilos eruptivos involucrados en la edificación de los conos y vislumbrar condicionantes estructurales (fracturación, inclinación de conductos) y topográficos pre-eruptivos, que en forma directa fueron fundamentales para la variada morfología final de los aparatos volcánicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERMÚDEZ, A., DELPINO, D., FREY, F. y SAAL, A. (1993). Los basaltos de retroarco extra-andinos, en: Ramos, V. (ed.), *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, 13, Relatorio I, 161–172. Congreso Geológico Argentino, 12 y Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2.
- CORAZZATO, C. y TIBALDI, A. (2006). Fracture control on type, morphology and distribution of parasitic volcanic cones: an example from Mt. Etna, Italy. J., en: *Volcanol. Geotherm. Res.* 158, 177–194.
- LLAMBÍAS, E., BERTOTTO, G., RISSO, C. y HERNANDO, I. (2010). El volcanismo cuaternario en el retroarco de Payenia: Una revisión, en: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (2): 278 – 300.
- MIKKAN, R. (2007). *Geomorfología volcánica de la Reserva Payunia, Malargüe*, Mendoza, Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- NÉMETH, K. (2010). Monogenetic volcanic fields: Origin, sedimentary record, and relationship with polygenetic volcanism, en: *The Geological Society of America Special, Paper*, 470.
- NÉMETH, K., RISSO, C., NULLO, F. y KERESZTURI, G. (2011). The role of collapsing and cone rafting on eruption style changes and final cone morphology: Los Morados scoria cone, Mendoza, Argentina, en: *Central European Journal of Geosciences*, in press.

RAMOS, V. y FOLGUERA, A. (2005). El origen de la Payenia (Mendoza sur y Norte de Neuquén): Evolución estructural y tectonomagmática de los Andes a estas latitudes. en: *Congreso Geológico Argentino*, 16, Actas 2: 115-126. La Plata.

ROMERO, C. (1992). Estudio geomorfológico de los volcanes históricos de Tenerife, en: *ACT*, Santa Cruz de Tenerife, 265

### **El autor**

**Raúl Alejandro Mikkan** es Prof., Lic. y Doctor en Geografía y Profesor Titular de la cátedra “Procesos Naturales del Ambiente: Geomorfología” de la carrera de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

Cuenta entre sus antecedentes con estancias y becas nacionales e internacionales, dirección de tesis doctorales y responsable del dictado de cursos de perfeccionamiento de grado y posgrado.

Es director de proyectos de investigación y miembro de comités científicos de reconocidas publicaciones de Argentina y el extranjero.

Poseedor de una dilatada actividad en la gestión universitaria, diversas instituciones de Mendoza lo han distinguido por su labor científica como la “Mención de Honor” otorgada por la Honorable Cámara de Senadores de la Provincia de Mendoza por la publicación del “Atlas Geomorfológico de la Provincia de Mendoza, Tomo I” en el año 2012.

raulmikkan@gmail.com