

# EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA Y MORFOMÉTRICA DE LOS CONOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS DE LOS CAMPOS VOLCÁNICOS DE PAYÚN MATRÚ, LLANCANELO Y CUENCA DEL RÍO SALADO<sup>1</sup>

Verónica Lourdes González Blazek

## Resumen

Los conos monogenéticos de los campos volcánicos de Payún Matrú, Llacanelo y cuenca del río Salado se caracterizan por una gran diversidad morfológica que está relacionada con factores genéticos (tipo de magma, topografía previa, tipo de erupción) y post-eruptivos (erosión eólica, erosión fluvial, procesos gravitacionales, etc.). En este estudio, mediante la aplicación de parámetros morfométricos, fue posible cuantificar los rasgos estructurales más significativos de los conos volcánicos, evaluar los efectos de los procesos de erosión sobre los mismos y determinar la edad relativa de los conos.

**Palabras clave:** Geomorfología, volcanes, conos monogenéticos, morfología, morfometría, datación relativa, modelo, Payún Matrú, Llacanelo, río Salado.

## Abstract

Monogenetic cones of volcanic fields Payún Matrú, Llacanelo and Salado river basin are characterized by a great morphological diversity which is related to genetic factors (type of magma, on topography, type of rash) and post-eruptive (wind erosion , fluvial erosion, gravitational processes, etc.). By applying morphometric parameters, in this study was possible to quantify the most significant structural features of the volcanic cones, evaluate the effects of erosion processes on them and determine the relative age of the cones.

**Keywords:** Geomorphology, volcanoes, monogenetic cones, morphology, morphometry, relative dating, model, Payún Matrú, Llacanelo, Salado River.

---

<sup>1</sup> Este trabajo es un resumen de la Tesis de Licenciatura dirigida por el Dr. Raúl Mikkan, Facultad de Filosofía y Letras, U. N. Cuyo, Mendoza, 2015.

## 1- INTRODUCCIÓN

Los volcanes monogénicos corresponden a las formas de relieve más comunes producidas por una erupción volcánica en la Tierra (Wood, 1980). Estos conos se han formado en un único evento eruptivo y su geomorfología depende de factores genéticos, como el tipo de magma, topografía previa, tipo de erupción, etc.; y de procesos erosivos, como la acción del viento, erosión fluvial, procesos gravitacionales, etc. Todos estos factores pueden conducir a la formación de conos volcánicos de una morfología y morfometría compleja, que evoluciona en función del tiempo al que estén expuestos a los procesos erosivos. Con las técnicas de análisis morfométrico es posible cuantificar los rasgos estructurales y morfológicos más significativos de los conos volcánicos, evaluar los efectos de los procesos de erosión sobre los mismos y determinar su edad relativa.

Para el análisis de la evolución morfológica se seleccionaron 290 conos volcánicos monogénicos de los campos volcánicos de Payún Matrú, Llanquanelo y cuenca del río Salado, localizados en el sur de la provincia de Mendoza, departamento de Malargüe. Los tres campos volcánicos se ubican dentro del Distrito Volcánico Payunia, que se distingue por la presencia de más de 800 conos volcánicos diseminados en un área de 36.000 km<sup>2</sup> dentro de la Provincia de Mendoza, desde el Departamento de Tunuyán al norte, hasta el río Colorado al sur (límite con la provincia del Neuquén).

## 2- MATERIALES Y METODOLOGÍA

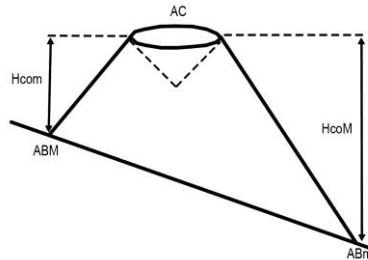
La metodología utilizada en la presente investigación es propia de los estudios tradicionales sobre geomorfología de volcanes monogénicos, pero añadiendo la utilización de técnicas morfométricas y es similar a la usada por Wood (1980), Settle (1979), Martín del Pozo (1982), Hasenaka y Carmichael (1985) y resumidas por Hooper (1995).

### 2.1 Parámetros morfométricos

- Altura relativa del cono (Hco): Diferencia entre la altitud de la cumbre y la base del edificio volcánico. La base es definida por los puntos de ruptura de pendiente entre los flancos y el suelo. (Wood, 1980; Hooper and Sheridan, 1998) (Figura 1).

$$Hco = (HcoM + Hcom) / 2$$

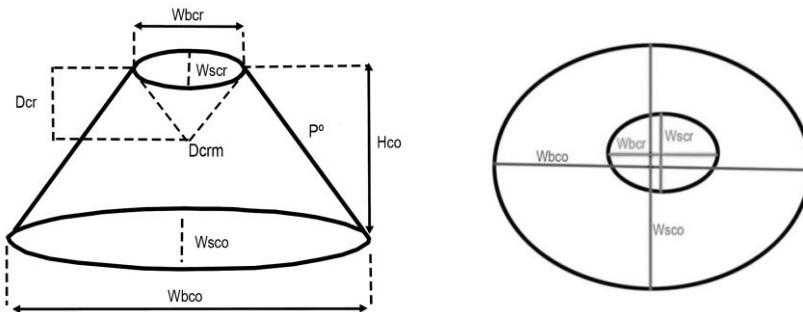
**Figura 1. Parámetros para calcular altura relativa (Hco) en conos monogenéticos.**



Modificado de Dóniz Páez et al. (2011)

- Diámetro medio del cono ( $Wco$ ): El diámetro medio del cono es la media aritmética del diámetro mayor y el diámetro menor del cono. (Porter, 1972; Settle, 1979; Wood, 1980) (Figura 2).  $Wco = (Wbco + wscr) / 2$

**Figura 2. Parámetros morfométricos definidos en los conos de escoria monogenéticos.**



Modificado de Dóniz Páez et al. (2011)

- Diámetro medio del cráter ( $Wcr$ ): Es la media aritmética del diámetro mayor y el diámetro menor del cráter (Porter, 1972; Wood, 1980) (Fig. N° 2).  $Wcr = (Wbcr + wscr) / 2$

- Profundidad del cráter (Dcr): A la altura máxima del cono (AC) se le resta la altura mínima del interior del cráter. (Porter, 1972; Hooper and Sheridan, 1998) (Figura 2).

$$Dcr = AC - Dcrm$$

- Pendiente media del cono ( $P^\circ$ ): Se calculó el ángulo de la pendiente media (Fig. N° 2).  $P^\circ = \tan^{-1} (2 \times Hco / (Wco - Wcr))$  (Hasenaka y Carmichael, 1985).
- Área del cono (Aco): Representa la superficie ocupada por el edificio volcánico. Fue obtenida con el software Global Mapper 13.0, mediante la delineación manual del perímetro de la base del cono.
- Volumen del cono (Vco): Se utilizó la fórmula del cono truncado:  $Vco = 1/3 (\pi x ((Wbco^2 + wscr^2) + (Wbco \times wscr)))$  (Hasenaka y Carmichael, 1985).

## 2.2 Ratios morfométricas

- Ratio Hco/Wco: Correlación entre el diámetro basal y la elevación del cono. Permite ver la relación que existe entre el diámetro del cono (en nuestro caso se utilizó el diámetro medio) y la elevación del cono.
- Ratio Wcr/Wco: Correlación entre el diámetro basal y el diámetro del cráter. En nuestro caso se utiliza el diámetro medio.

## 2.3 Estimación de edades relativas

Una vez realizado el análisis morfométrico, la siguiente etapa consistió en estimar la edad relativa de los de los conos monogenéticos. Para ello, se utilizaron los parámetros profundidad del cráter (Dcr), Pendiente ( $P^\circ$ ) y el ratio Hco/Wco. Además se incorporó el análisis del sistema hidrogeográfico. Para el análisis de la erosión torrencial se contabilizó, la cantidad y longitud de cauces por superficie de cada cono monogenético.

- Número de cauces/Superficie cono (N° Ca./Aco): Se contabiliza la cantidad de cauces presentes en cada cono y se divide por la superficie en ( $km^2$ ) del cono.
- Longitud de cauces/Superficie cono (L. Ca./Aco): Se contabiliza la longitud de cauces presentes en cada cono (metros) y se divide por la superficie en ( $km^2$ ) del cono.

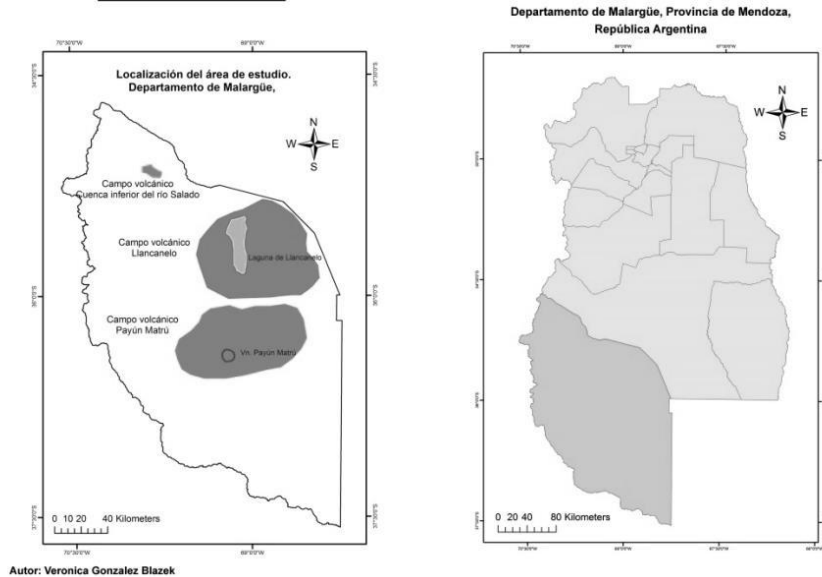
Una vez estimadas las edades relativas se compararon con dataciones absolutas obtenidas de trabajos de investigación previos (Valencio et al. 1969; Marchetti et al. 2006; Folguera et al. 2009; Germa et al., 2010; Mikkan, 2011; Ramos y Folguera, 2011) a fin de comprobar la validez de las mismas.

### 3- ÁREA DE ESTUDIO

Los campos volcánicos de Payún Matrú, Llanquanelo y cuenca del río Salado se encuentran ubicados en el sur del Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza, República Argentina, entre los 35° y 36°35' Lat. Sur y los 68°15' y 70° Long. Oeste, a unos 200 kilómetros de la Cordillera Principal de Los Andes (Carta N° 1). El volcanismo desarrollado en esta región corresponde a la actividad volcánica de retroarco y está relacionado a la subducción de la Placa oceánica de Nazca debajo de la Placa continental Sudamericana).

#### Carta 1. Campos volcánicos de Payún Matrú, Llanquanelo y cuenca del Río Salado, Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza, República Argentina.

##### Localización del área de estudio. Departamento de Malargüe, Provincia de Mendoza.



### 4- SELECCIÓN Y DELIMITACION DE LOS CONOS MONOGENÉTICOS

Para el análisis de la distribución, morfología y morfometría de los conos monogenéticos se hizo una selección de los conos objeto de estudio, siendo la principal característica que estos posean una base de cono y un borde de cráter bien

definidos. Se seleccionaron e identificaron 290 conos (40% de los edificios aproximadamente). Una vez seleccionados y delimitados los conos y cráteres se clasificaron en grupos con la finalidad de poder abordar con mayor detalle los análisis morfológicos y morfométricos: Grupo Cuenca del río Salado (CS), con 6 conos. Grupo Llanquanelo Oeste (LLW), con 48 conos. Grupo Llanquanelo Este (LLE), con 77 conos. Grupo Payún Matrú Norte (PN), con 54 conos. Grupo Payún Matrú Este (PE), con 50 conos. Grupo Payún Matrú Oeste (PW) con 55 conos.

## 5- ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LOS CONOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS

Los parámetros y ratios permitieron caracterizar y clasificar los conos volcánicos, para ello se calcularon los valores promedio para cada grupo de conos, con el objetivo de realizar un análisis más detallado (Tabla 1).

**Tabla 1. Promedio de parámetros y ratios morfométricas por grupo de conos.<sup>2</sup>**

Grupos volcanes	Parámetros morfométricos					Ratios morfométricas		Erosión Torrencial	
	Hco	Wco	Wcr	P <sup>o</sup>	Dcr	Hco/Wco	Wcr/Wco	Nº Ca./Aco	L. Ca./Aco
CS	141	787	272	29	33	0,18	0,35	1	371
LLE	115	953	240	18	12	0,12	0,27	23	4316
LLW	71	539	171	21	15	0,13	0,33	14	1811
PN	71	592	193	20	15	0,12	0,34	5	808
PE	137	761	267	29	35	0,18	0,35	0,9	241
PW	155	765	270	32	54	0,2	0,35	0,4	110
<b>TOTAL X</b>	<b>111</b>	<b>745</b>	<b>231</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>0,15</b>	<b>0,33</b>	<b>9</b>	<b>1666</b>
<b>TOTAL ME</b>	<b>101</b>	<b>681</b>	<b>213</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>0,14</b>	<b>0,33</b>	<b>2</b>	<b>567</b>

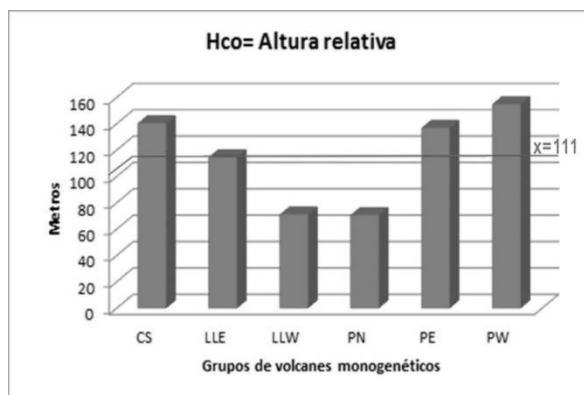
Fuente: Elaboración propia

<sup>2</sup> La Tabla con los datos individuales de parámetros y ratios morfométricas de los 290 volcanes monogenéticos analizados puede ser consultada en la Tesis de Licenciatura.

### Altura relativa

Los grupos Cuenca del río Salado (CS), Llacanelo Este (LLE), Payún Este (PE), y Payún Oeste (PW) tienen en promedio conos más altos, con valores entre 115 y 155 metros de altura relativa; por el contrario los grupos ubicados al oeste de la laguna de Llacanelo (LLW) y al norte del Payún Matrú (PN) tienen conos que no superan en promedio los 100 metros de altura relativa (Gráfico 1).

**Gráfico 1. Altura relativa de los conos monogenéticos**



Fuente: Elaboración propia

### Diámetro medio del cono y del cráter

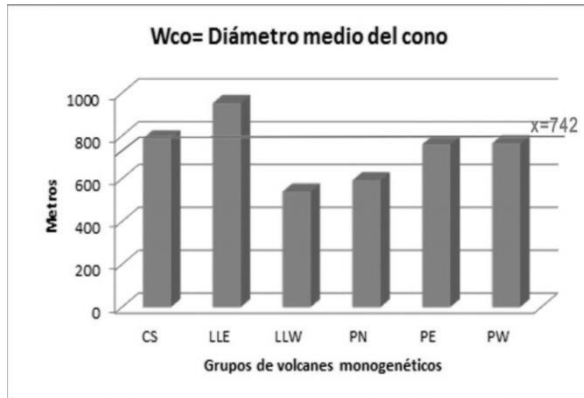
Atendiendo al diámetro medio de los conos y cráteres, se pueden observar diferencias. Los diámetros basales más grandes corresponden a los grupos LLE, CS, PE y PW, con medias que oscilan entre los 760 y 950 metros; similar sucede con los diámetros medios de los cráteres, cuyos valores se encuentran entre 240 y 270 metros.

Por el contrario, los promedios más bajos de diámetros basales y de cráter corresponden a los grupos LLW y PN, con valores entre 500 y 600 metros para las bases de los conos, y entre 170 y 200 metros para los cráteres de los volcanes (Gráfico 2, y Gráfico 3).

### Pendiente media de los conos monogenéticos

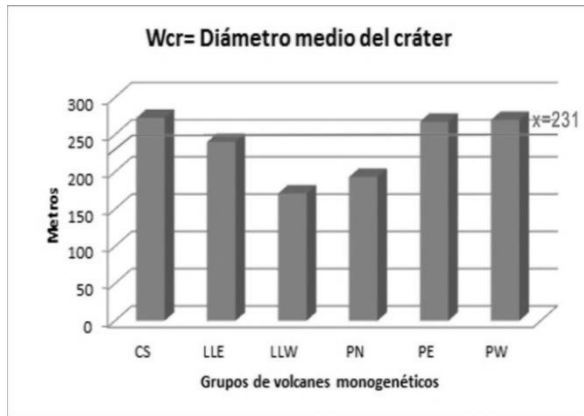
Respecto a la pendiente media de los conos, se pueden advertir diferencias significativas entre los distintos grupos de volcanes. El ángulo medio de las laderas de los conos de los grupos CS, PE y PW superan los 25° de inclinación. En cambio, los conos de LLE, LLW y PN tienen una pendiente media de 21° o menor (Gráfico 4).

**Gráfico 2. Diámetro medio de los conos monogenéticos**



Fuente: Elaboración propia

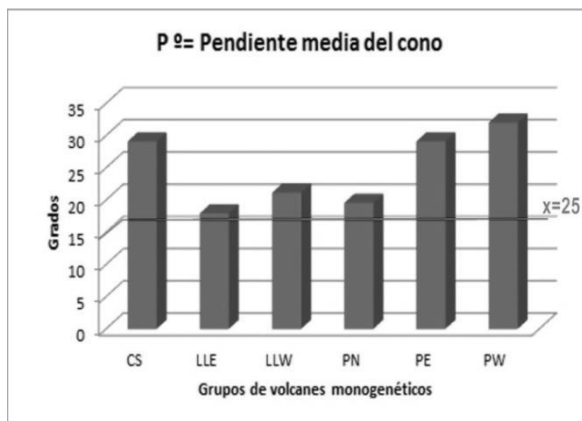
**Gráfico 3. Diámetro medio de los cráteres de los volcanes monogenéticos**



Elaboración propia



**Gráfico 4. Pendiente media de los conos monogenéticos**

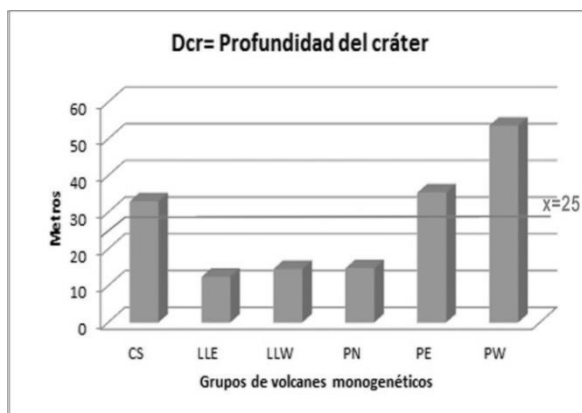


Fuente: Elaboración propia

#### **Profundidad del cráter de los volcanes monogenéticos**

La media para los grupos CS, PE y PW supera los 30 metros de profundidad. Cabe destacar que el grupo PW tiene una media de profundidad del cráter de 54 metros, un valor muy superior al resto de los grupos. Por el contrario, en los grupos LLE, LLW y PN la profundidad media del cráter es inferior a los 25 metros (Gráfico 5). Esto puede ser debido un proceso de rellenamiento, y de desgaste de arriba hacia abajo.

**Gráfico 5. Profundidad del cráter de los volcanes monogenéticos**

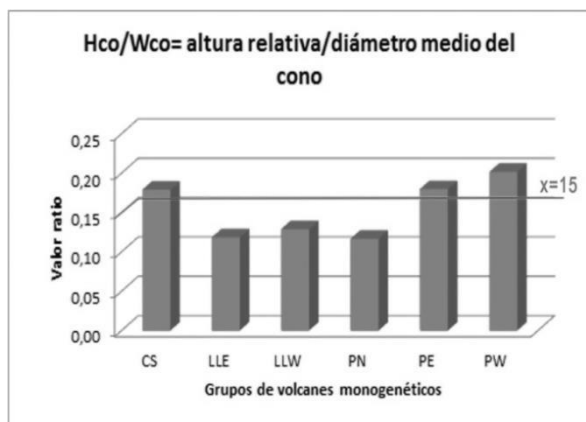


Fuente: Elaboración propia

### Ratios morfométricas Hco/Wco y Wcr/Wco

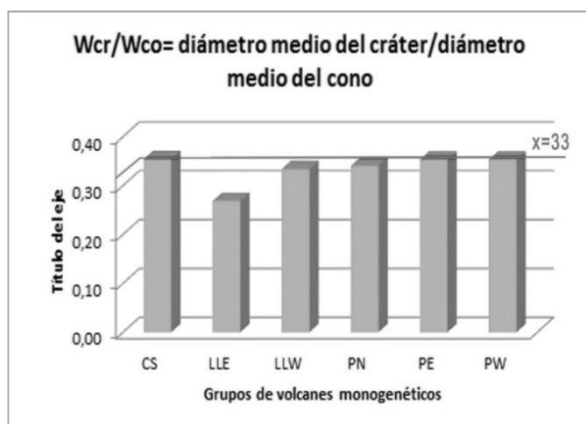
Los grupos CS, PE y PW, tienen valores medios de Hco/Wco de 0,18 y 0,20; mientras que para los grupos LLE, LLW y PN, los valores promedio de Hco/Wco son de 0,12 y 0,13 (Gráfico Nº 6). Sin embargo el parámetro Wcr/Wco no presenta diferencias significativas entre los grupos, con valores medios que oscilan entre 0,33 y 0,35; la excepción es el grupo LLE, con un valor medio de 0,27, esto puede ser debido a que en este grupo hay numerosos conos con cráteres muy erosionados y prácticamente inexistentes (Gráfico 7).

**Gráfico 6. Ratio Hco/Wco de los conos monogenéticos**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 7. Ratio Wcr/Wco de los conos monogenéticos**

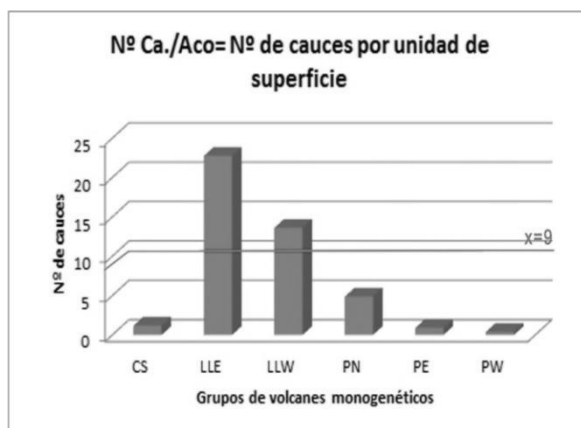


Fuente: Elaboración propia

### La incidencia de la erosión torrencial

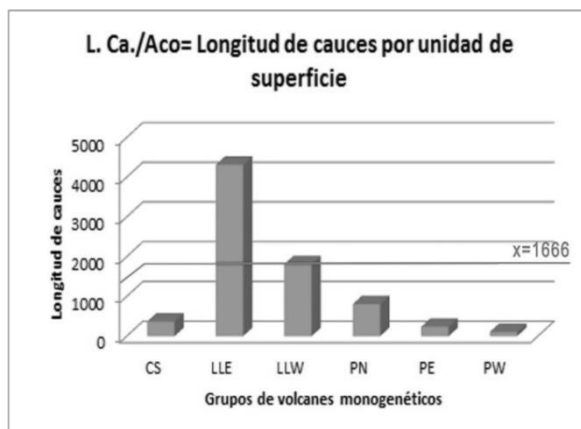
Por último, se evaluó la incidencia de la erosión torrencial (Gráfico 8 y Gráfico 9). Los grupos CS, PE y PW desatacan por tener los valores más bajos, con valores promedio de Nº Ca./Aco iguales o menores a 1 cauce/km<sup>2</sup>, y valores medios de L. Ca./Aco inferiores a 400 metros por unidad de superficie. Por el contrario, los grupos LLE, LLW y PN tienen promedios de Nº Ca./Aco que oscilan entre 5 y 23 cauce/km<sup>2</sup>, y valores medios de L. Ca./Aco que varían entre 800 y 4300 m/km<sup>2</sup>.

**Gráfico 8. Número de cauces por unidad de superficie de los conos monogenéticos**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 9. Longitud de cauces por unidad de superficie de los conos monogenéticos**



Fuente: Elaboración propia

## 6- ESTIMACIÓN DE LAS EDADES RELATIVAS DE LOS CONOS VOLCÁNICOS MONOGENÉTICOS

### 6.1. La edad relativa de los conos monogenéticos

La correlación de las variables profundidad del cráter, pendiente, ratio Hco/Wco y la incidencia de la erosión torrencial, ha permitido inferir la edad relativa de los conos monogenéticos de los campos volcánicos de Payún Matrú, Llanquanelo y cuenca del río Salado. La cartografía de las edades relativas de los conos monogenéticos se puede observar en el Mapa N° 2, y los promedios de los parámetros y ratios para cada edad relativa figuran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Promedio y desviación estándar de los parámetros y ratios morfométricas según edades relativas de los conos volcánicos monogenéticos**

Edades relativas		Parámetros morfométricos		Ratio morfométricas	Erosión Torrencial	
		P °	Dcr	Hco/Wco	Nº Ca./Aco	L. Ca./Aco
Plioceno superior/ Pleistoceno inferior	X	16	12	0,11	18	3349
	Q	2	3	0,02	23	3115
Pleistoceno medio-superior	X	21	16	0,14	10	1451
	Q	3	6	0,02	12	1548
Holoceno temprano	X	30	32	0,2	0,7	174
	Q	2	7	0,02	1,4	378
Holoceno tardío (menos de 1000 ka)	X	38	128	0,25	0	0
	Q	1	53	0,02	0	0

Fuente: Elaboración propia

### **Edad relativa Plioceno superior - Pleistoceno inferior**

Se estiman de edad Plioceno superior - Pleistoceno inferior los conos monogenéticos ubicados al este de la Laguna de Llancanelo, los conos que rodean al volcán Jarilloso al oeste de la laguna, y los conos cercanos al volcán Pihuel al noroeste del Payún Matrú. En este grupo se incluyen también los volcanes Morados Grandes, cuyo principal representante es el volcán Morado Alto, en el flanco oriental del Payún Matrú.

La mayoría de estos volcanes se caracterizan por una profundidad del cráter entre 5 y 14 metros, con un promedio de 12 metros; la pendiente media del cono es poco acusada y varía entre 12° y 18°, siendo el promedio de 16°; y el ratio Hco/Wco varía entre 0,08 y 0,12, con un promedio de 0,11. Además, se pueden contabilizar numerosos cauces en los flancos de la mayoría de los conos, con un promedio de 18 cauces/cono y 3349 metros de cauce/cono. Estos valores indican que con el paso del tiempo los volcanes han perdido altura a medida que se ha ensanchado su base, disminuyendo la pendiente del cono. El cráter ha sido rellenado por materiales de la cumbre o desaparecido por el desgaste, y la acción de la erosión torrencial ha labrado cauces o barrancos que siguen un patrón radial, en las laderas de los conos.

### **Edad relativa Pleistoceno medio-superior**

Los conos monogenéticos cercanos a los volcanes Piedras Blancas, Morado Norte y Real del Zaino, ubicados al oeste de la Laguna de Llancanelo, y la mayoría de los conos localizados al norte del Payún Matrú, incluyendo los conos Guadalosos, Montón de Cerros y La Mina, se infiere que corresponden al Pleistoceno medio-superior.

La profundidad del cráter de estos volcanes varía entre 15 y 24 metros, con un promedio de 16 metros, y la pendiente media de los conos presenta valores entre 19° y 25°, con un promedio de 21°. El ratio Hco/Wco para estos volcanes varía entre 0,13-0,17, y el promedio es de 0,14. Además, presentan una cantidad moderada cauces labrados en sus flancos, con un promedio de 10 cauces/cono y 1451 metros de cauce/cono. Los conos del Pleistoceno medio superior también han sufrido la pérdida de altura y ensanchamiento de su base por los procesos erosivos. Los bordes de los cráteres, aún visibles, han sido desgastados, y la erosión torrencial se evidencia en la formación de barrancos incipientes en los flancos de los conos, siguiendo un patrón radial o paralelo.

### **Edad relativa Holoceno temprano**

Los conos de la cuenca inferior del Río Salado, y la mayoría de los conos ubicados al oriente y occidente del Payún Matrú se estima que pertenecen al Holoceno temprano. Estos volcanes incluyen algunas erupciones que probablemente ocurrieron hace menos de 10.000 años.

La profundidad del cráter de estos volcanes varía entre 25 y 34 metros, con un promedio de 32 metros. La pendiente media del cono es acusada, con un rango entre 26° y 32° de inclinación, y un promedio de 30°. El ratio Hco/Wco presenta valores entre 0,18 y 0,22, con un promedio de 0,20, y los flancos de los conos se caracterizan por la ausencia casi total de cauces, con un promedio de 0,7 cauce/cono y 181 metros de cauce/cono.

Los conos Holocenos presentan una morfología casi intacta, debido a que los procesos erosivos aún no han retocado significativamente su fisonomía.

### **Edad relativa Holoceno tardío**

Hay un grupo de conos que se estima son los más jóvenes de la zona de estudio: el Volcán Santa María, Los Morados y el Morado Sur, localizados al oeste y noroeste del Payún Matrú.

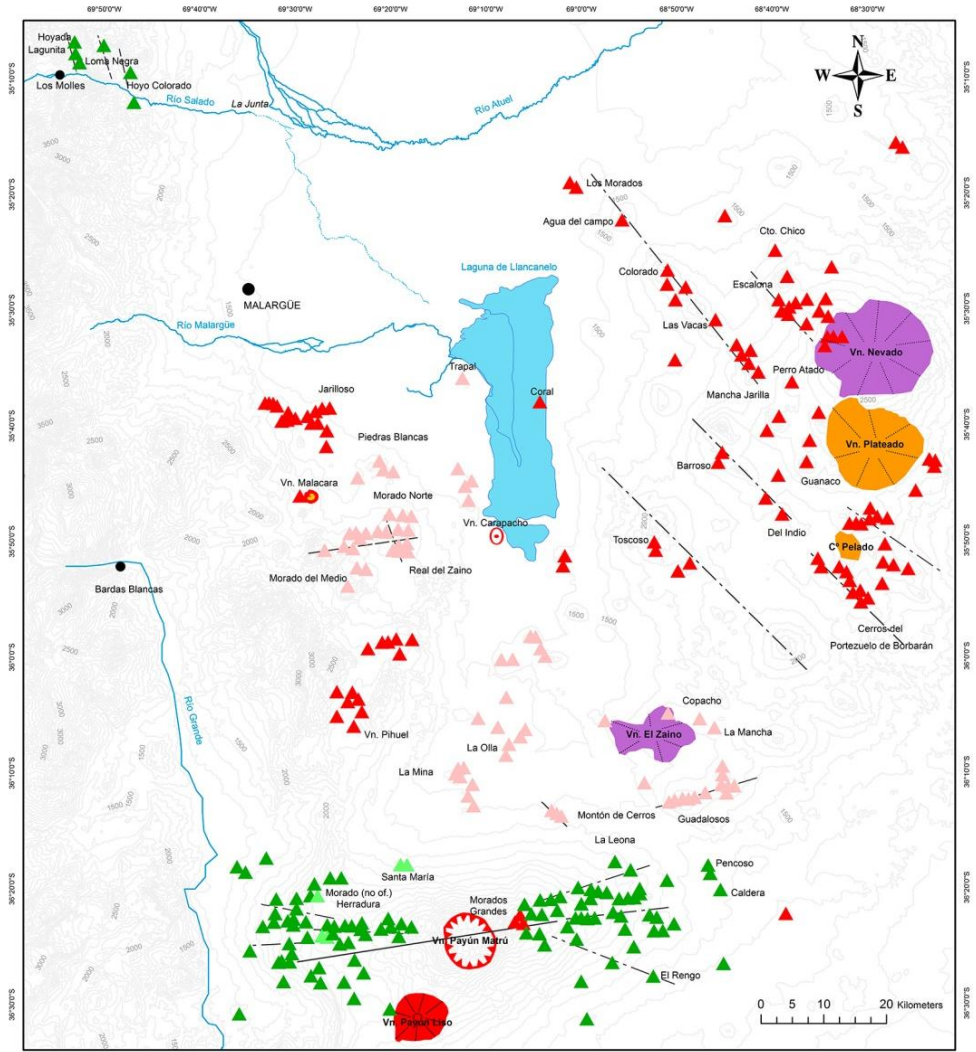
Estos conos tienen valores de profundidad del cráter de más de 100 metros, con un promedio de 128 metros. La pendiente media de los conos es muy acusada y varían entre 33° y 39°, con un promedio de 38°. El ratio Hco/Wco presenta valores entre 0,23 y 0,27, siendo el promedio de 0,26, y además no presentan cauces en las laderas de los conos, lo cual indica que no han sido afectados por la erosión torrencial.

Estos volcanes se encuentran en perfecto estado de conservación, es decir que los procesos erosivos no han modificado su morfología. Se infiere que corresponden al Holoceno tardío, y que probablemente tienen menos de 1000 años de antigüedad.

## **6.2. Comparación entre las edades relativas asignadas a los conos monogenéticos y dataciones absolutas**

Con la finalidad de verificar la validez de las edades relativas asignadas a los conos monogenéticos, se han comparado con las dataciones absolutas que han obtenido autores como Valencio et al. (1969), Marchetti et al. (2006), Folguera et al. (2009), Germa et al. (2010), Ramos y Folguera (2011), Mikkan (2011, 2012), de algunos conos y coladas asociadas.

**Carta 2. Edades relativas de los conos volcánicos monogenéticos**



- Leyenda**
- |   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| <p><b>Edad relativa conos volcánicos monogenéticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">▲</span> Plioceno superior-Pleistoceno inferior</li> <li><span style="color: pink;">▲</span> Pleistoceno medio-superior</li> <li><span style="color: green;">▲</span> Holoceno temprano</li> <li><span style="color: lightgreen;">▲</span> Holoceno tardío</li> </ul> | <p><b>Formas estructurales volcánicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Caldera Volcánica</li> <li><span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Estratovolcán erosionado Mioceno</li> <li><span style="border: 1px solid purple; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Estratovolcán erosionado Plioceno</li> <li><span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Estratovolcán Pleistoceno</li> <li><span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Cono de Tobas</li> <li><span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Anillo de Tobas</li> </ul> | <p><b>Elementos estructurales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Falta</li> <li>- - - Falta inferida</li> <li>- - - Fractura inferida</li> </ul> | <p><b>Cuerpos de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: lightblue; border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">●</span> Laguna</li> </ul> <p><b>Cursos de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Temporario</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> Permanente</li> </ul> | <p><b>Centros Poblados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: black; border-radius: 50%; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></span> Ciudad</li> <li><span style="background-color: black; border-radius: 50%; width: 5px; height: 5px; display: inline-block;"></span> Centro poblado secundario</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Curvas de nivel eq. 100 m.</li> </ul> |
|---|---|--|---|--|

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los volcanes que se han estimado del Plioceno superior – Pleistoceno inferior, se encuentran al este de la Laguna de Llanquanelo, para esta zona Folguera et al. (2009) reportó edades K-Ar (radiométricas) que varían entre 0,75 Ma y 1,78 Ma; posteriormente Ramos y Folguera (2011) obtuvieron edades K-Ar, basadas en la técnica Cassignol-Guillot, que varían entre 1,878 Ma y 1,352 Ma. Para algunos conos de la alineación Mancha Jarilla-Morados, obtuvieron edades entre 1,022 y 1,044 Ma. Las dataciones radiométricas reportadas ubican a los conos en el Plioceno superior-Pleistoceno inferior, lo cual coincide con las edades relativas asignadas a estos conos.

Para los conos localizados al oeste de la Laguna de Llanquanelo, que se han inferido del Pleistoceno medio-superior, hay pocas dataciones radiométricas. Sin embargo, una datación radiométrica efectuada por Valencio et al. (1969) en la colada de Piedras Blancas arrojó un valor de  $0,4 \pm 0,2$  Ma, que las ubica en el Pleistoceno medio-superior. Ramos y Folguera (2011) menciona que Linares y Gonzalez (1990) también obtuvieron dataciones que ubicarían a los conos del campo volcánico de Llanquanelo en el Pleistoceno superior. Según Inbar y Risso (2001) los conos ubicados al occidente de la laguna de Llanquanelo corresponden a la Formación Puente o Chapúa, y los asignan al Pleistoceno.

Otros conos que han sido ubicados en el Pleistoceno medio-superior son los Guadalosos, localizados al Noreste del Payún Matrú. Para estos conos Mikkan (2011) obtuvo una datación por Termoluminiscencia de  $6.900 \pm 650$  años AP lo cual sitúa a estos conos en el Holoceno temprano.

Los conos de la cuenca del río Salado se han estimado del Holoceno temprano. Dataciones recientes de exposiciones  $^3\text{He}$  cosmogénicas realizadas por Marchetti et al. (2006) han dado como resultado valores para el Volcán Hoyo Colorado de  $0,015 \pm 0,0008$  Ma,  $0,006 \pm 0,008$  Ma,  $0,0088 \pm 0,0004$  Ma, que ubican a este volcán en el Holoceno. Ramos y Folguera (2011) obtuvieron dataciones K-Ar de  $0,069 \pm 0,05$  Ma para el Volcán Hoyada y  $0,034 \pm 0,07$  Ma para el Volcán Loma Negra, las cuales los sitúan en el Pleistoceno superior.

La mayor parte de los conos que rodean por el oriente y occidente al Payún Matrú han sido asignados al Holoceno temprano. Ramos y Folguera (2011) reportaron dataciones de exposiciones  $^3\text{He}$  cosmogénicas realizadas por Marchetti et al. (2006) de  $0,044 \pm 0,002$  Ma,  $0,037 \pm 0,003$  Ma, y dataciones K-Ar obtenidas por Germa et al. (2010) que varían entre 0,026 Ma y 0,009 Ma. Por otra parte Mikkan (2011) reportó dataciones efectuadas con Termoluminiscencia en escorias que arrojaron una edad de  $4670 \pm 450$  años AP, correspondientes al Holoceno.

Para los conos estimados del Holoceno Tardío (menos de 1000 años de antigüedad) existen dos dataciones por método de Termoluminiscencia, efectuadas por Mikkan



(2011); la primera corresponde a escorias del Volcán Santa María, que arrojaron una edad de 1470 años A.P., y la segunda datación corresponde a los lapillis de Pampas Negras, eyectados desde el Volcán Morado Sur, y que dio como resultado una edad de 515 años A.P.

## 7- CONCLUSIONES

Las investigaciones sobre la evolución de las formas del relieve volcánico se han convertido en uno de los temas centrales de los análisis geomorfológicos a partir de la introducción de métodos de análisis morfométrico.

Los campos volcánicos de Payún Matrú, Llanquanelo y la cuenca del río Salado ofrecen una excelente oportunidad para aprender sobre el desarrollo de este paisaje, y proporcionan la base para documentar estadísticamente la evolución degradacional de los conos monogenéticos en un clima semiárido.

El estudio morfométrico de los conos monogenéticos ha permitido observar la variabilidad entre cada uno de los conos atendiendo a unos determinados parámetros y las relaciones entre ellos. La gran cantidad de conos analizados asegura que los parámetros y ratios morfométricas determinadas en este estudio son verdaderamente representativos de la morfología de los conos monogenéticos y su distribución dentro de los campos volcánicos.

Además, el análisis morfométrico ha probado ser exitoso en la determinación de edades relativas, consistentes con las dataciones absolutas.

## BIBLIOGRAFÍA

FOLGUERA, A., NARANJO, J.A., ORIHASHI, Y., SUMINO, H., NAGAO, K., POLANCO, E., & RAMOS, V.A. (2009). Retroarc volcanism in the northern San Rafael block (34°- 35° LS), southern Central Andes: occurrence, age, and tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 186, 169-185.

GERMA, A., QUIDELLEUR, X., GILLOT, P. Y., & TCHILINGUIRIAN, P. (2010). Volcanic evolution of the backarc Pleistocene Payun Matru volcanic field (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 29, 717-730.

HASENAKA, T., & CARMICHAEL, I.S.E. (1985). A compilation of location, size, and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacan-Guanajuato volcanic field, Central Mexico. *Geofísica Internacional*, 24(4), 577-607.

HOOPER, D.M. (1995). Computer-simulation models of scoria cone degradation in the Colima and Michoacan-Guanajuato volcanic fields, Mexico. *Geofísica Internacional* 34, 321-340.

HOOPER, D.M., & SHERIDAN, M .F. (1998). Computer-simulation models of scoria cone degradation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 83, 241-287.

- MARCHETTI, D. W., HYNEK, S. A., & CERLING, T. E. (2014). Cosmogenic  $^3\text{He}$  exposure ages of basalt flows in the northwestern Payún Matru volcanic field, Mendoza Province, Argentina. *Quaternary Geochronology*, 19, 67-75
- MARTÍN DEL POZZO, A.L. (1982). Monogenetic Vulcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico. *Bulletin of Volcanology*, 45(1), 9-24.
- MIKKAN, R. (2011). *Atlas Geomorfológico de la Provincia de Mendoza*. Tomo I. Mendoza, Argentina. Jagüel Editores de Mendoza.
- MIKKAN, R. (2012). Identificación de tefras y flujos piroclásticos holocénicos en la provincia de Mendoza como base para la elaboración de cartas de riesgo volcánico. *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física*, Bahía Blanca, 19 al 21 de abril de 2012. 69-77 pp.
- PORTER, S.C. (1972). Distribution, morphology and size frequency of cinder cones on Mauna Kea volcano, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 83, 3607-3612.
- RAMOS, V.A. & FOLGUERA, A. (2011). Payenia Volcanic Province in the Southern Andes; An appraisal of an exceptional Quaternary tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201, 53-64.
- SETTLE, M. (1979). The structure and emplacement of cinder cone fields. *American Journal of Science*, 279, 1089-1107.
- VALENCIO, D. A., E. LINARES Y K. M. CREER. (1969). Paleomagnetismo y edades geológicas de algunos basaltos terciarios y cuaternarios de Mendoza y de Neuquén. *Actas Cuarta Jornada Geol. Arg. II*: 397-415, Buenos Aires.
- WOOD, C.A. (1980). Morphometric analysis of cinder cone degradation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 8, 137-160.