

# Recursos Geomorfológicos: Evolución Morfológica de las Marmitas de Erosión en el Miño Medio

Miguel Ángel Álvarez-Vázquez<sup>1,2</sup>, Elena de Uña-Álvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Historia, Arte y Geografía. Área de Geografía Física. Grupo GEAT, Universidade de Vigo. Campus de As Lagoas s/n (Pabellón 2), 32004 Ourense (España). mianalva@uvigo.es*

<sup>2</sup>*Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC). Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo (España)*

## Resumen

En el río Miño, que discurre en su mayor parte sobre granitos, se distinguen zonas en las que la corriente circula directamente sobre la roca madre con formas características de erosión fluvial. Una de las más comunes son las marmitas (*potholes*) que se van a generar en condiciones dependientes del régimen hídrico y la estacionalidad del flujo del río. Junto a otras formas, las marmitas son parte del patrimonio geomorfológico fluvial asociado al río Miño. En este estudio se presenta una secuenciación evolutiva diferenciada en cuatro fases, para las cuales se han establecido valores umbral que marcan cambios en la morfología.

## 1. Introducción

Las marmitas (*potholes*) son formas de erosión fluvial, originadas por la acción erosiva del agua y de los materiales que ésta transporta en cauces sobre lechos rocosos. Su formación es compleja y depende de factores como el régimen hidrológico, el tipo de sustrato, la pendiente, el caudal y sus episodios extremos [Ortega Becerril, 2007]. Además, influyen los defectos en el lecho que dan lugar a alteraciones en el flujo y la génesis de turbulencia y remolinos [Lorenc *et al.* 1995]. Las marmitas pueden presentar diferentes morfologías dependiendo del ángulo de entrada del agua en las cavidades [de Uña-Álvarez *et al.* 2009]. Elston [1917] define las marmitas como cavidades con un plano superior de apertura circular o elíptico con sección lateral parabólica en sus estadios iniciales de desarrollo. Tanto el término castellano, “marmita”, como el término en inglés, “*pothole*”, son muy descriptivos de la morfología asociada, agujeros con forma de olla. Sin embargo, la morfología resultante es mucho más compleja y Ortega Becerril [2010] habla de hasta 25 tipos morfológicos diferentes.

Según Lorenc *et al.* [1995] el proceso de formación y evolución morfológica de una marmita está compuesto por cuatro fases principales: (1) un incipiente pulido debido a la turbulencia del agua que da lugar a formas superficiales simétricas. (2) las marmitas se van agrandando por la acción rotativa del agua junto a pequeños guijarros. (3) cuando la profundidad de las marmitas es suficiente para impedir que las partículas abrasivas sean retiradas del interior por la energía del agua se produce un crecimiento en profundidad. (4) cuando la marmita alcanza una “profundidad crítica” predomina la erosión lateral apareciendo formas muy complejas.

Las marmitas en los tramos rocosos (graníticos) del río Miño, como formas de geomorfología fluvial y de erosión, son clasificadas dentro del patrimonio geológico de la zona [Esteves *et al.* 2010]. En ese sentido, esta comunicación es parte de un proyecto más amplio que busca catalogar y caracterizar las diferentes formas resultado de la erosión fluvial en el río Miño y sus afluentes. En este caso, se presenta una interpretación evolutiva de las marmitas en un tramo del Miño medio próximo a la ciudad de Ourense (España).

## 2. Área de estudio

El río Miño tiene una longitud de 310 km recogiendo el agua de drenaje de una cuenca de 17.080 km<sup>2</sup>; siendo el río más caudaloso de Noroeste de la península Ibérica. Su encajamiento está sujeto a una serie de fallas de origen Paleógeno relacionadas con la colisión de las placas Euroasiática e Ibérica [Vidal Romani y Yepes Temiño, 2001]. Su perfil consiste en aplanamientos a diferentes alturas separados por escarpes tectónicos y terrazas escalonadas [de Uña-Álvarez *et al.* 2014].

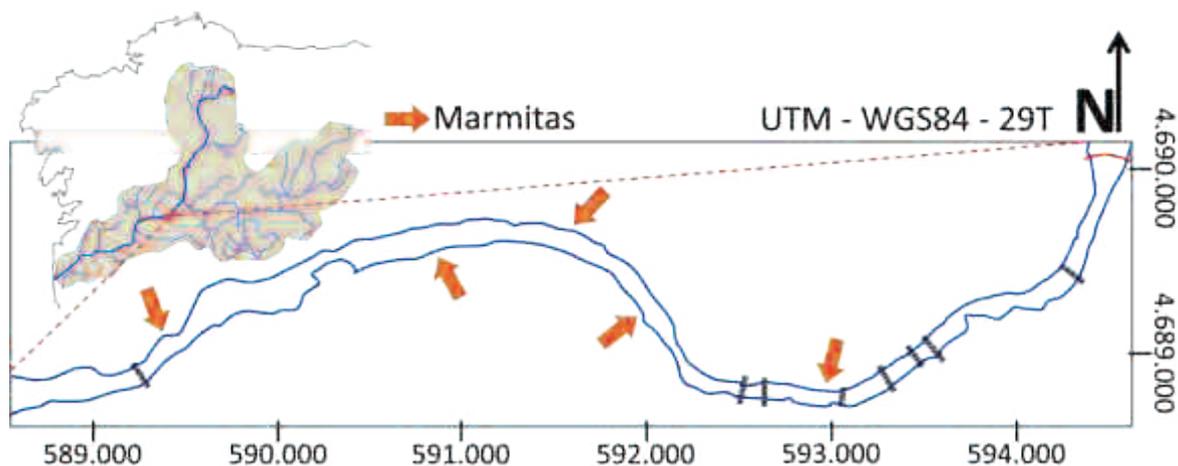


Fig. 1. Situación geográfica del área de estudio dentro de la cuenca del río Miño.

El área de estudio está situada en un tramo del Miño medio (ver Fig. 1), tras el paso del río por la ciudad de Ourense. Es un tramos de 5-6 km de longitud, a una altitud de 100 m sobre el nivel del mar y con una pendiente muy baja (<0,5%). Este tramo se delimita entre dos presas (la de Velle aguas arriba y la de Castrelo aguas abajo) por lo que su caudal actual está regulado. Pese a esto, el río circula en esta zona en un régimen turbulento por lo que predomina la roca descubierta (granitos de dos micas y granodioritas) con algunas zonas de deposición de cantos y gravas.

## 3. Material y métodos

El trabajo de campo se realizó durante los años 2011 y 2012 y consistió en un muestreo lineal consecutivo en ambos márgenes del río Miño entre las localidades de Ourense y Reza-Outariz. Se catalogaron un total de 67 marmitas. En cada una de ellas se midió la profundidad máxima ( $P_{mx}$ ) y los ejes en los planos de apertura: el eje mayor en superficie ( $L_s$ ), el eje menor en superficie ( $A_s$ ), así como los ejes mayor y menor en el fondo de la cavidad ( $L_f$  y  $A_f$  respectivamente).

Un análisis estadístico de los datos determinó que había una correlación estadísticamente significativa (Spearman con un p-valor <0.05) entre los ejes mayores en superficie y en fondo así como entre los ejes menores en superficie y fondo. Además se calculó el índice de compacidad ( $I_c$ ) que se define como el resultado de la división del valor del eje mayor en superficie entre el valor del eje menor en superficie ( $I_c = L_s/A_s$ ). Este parámetro da información sobre la geometría del plano de apertura superior.

Teniendo en cuenta estos parámetros, se procedió a una clasificación de las unidades muestreadas en función de cuatro indicadores: la profundidad máxima ( $P_{mx}$ ), el eje mayor en superficie ( $L_s$ ), el eje menor en superficie ( $A_s$ ) y el índice de compacidad ( $I_c$ ). Para la clasificación se utilizaron tanto los estadísticos de posición como el registro de variables cualitativas recogidas durante el muestreo (posición, estado de las paredes, perfil, depósitos...)

#### 4. Resultados

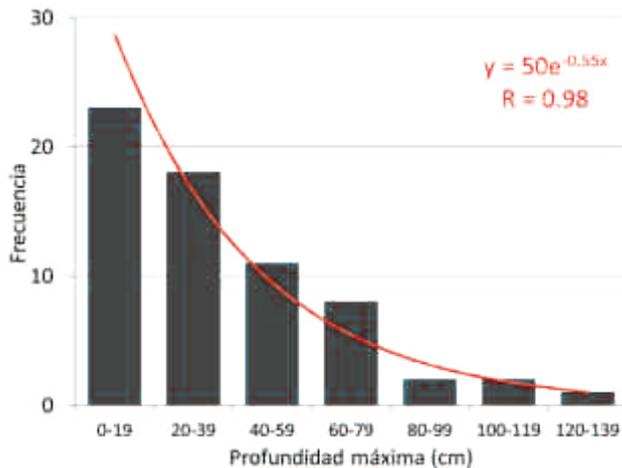


Fig. 2. Histograma de frecuencias. Se registra en el eje x los rangos de profundidad ( $P_{mx}$ ) y en el eje y el número de unidades en cada rango.

En un primer lugar, atendiendo a la profundidad de las marmitas estudiadas, se observa (ver Fig. 2) que el número de casos decrece de manera exponencial en función de la profundidad máxima ( $P_{mx}$ ). Esta distribución exponencial indica que hay un gran número de formas superficiales poco desarrolladas mientras que las marmitas más desarrolladas son muy pocas. Al no existir una relación lineal en el desarrollo se intuye que la intensidad del proceso de formación debe ir en aumento también de manera exponencial.

Atendiendo a su nivel de desarrollo se han diferenciado cuatro fases evolutivas en las marmitas estudiadas, representadas gráficamente en la figura 3:

*Etapa  $M_0$ :* son formas incipientes, corresponden a pequeñas cavidades en superficies rocosas horizontales en zonas que se inundan esporádicamente. Se caracterizan por valores bajos de profundidad, longitud y anchura, aperturas circulares y perfiles abiertos. Domina la relación  $L_s \approx A_s > P_{mx}$  y una  $P_{mx}$  de 17 cm con valores del  $I_c$  que varían entre 1.0 y 1.2.

*Etapa  $M_1$ :* formas de transición que se caracterizan por un aumento de la concavidad del fondo conforme la marmita va profundizando; con profundidades próximas a los 17 cm los fondos son relativamente planos haciéndose más cóncavos en profundidades a partir de los 20 cm. Se observa que la profundidad aumenta más rápidamente que la longitud y la anchura, en las formas menos profundas la relación predominante es  $L_s \approx A_s > P_{mx}$ , mientras que al acercarnos a  $P_{mx} = 29$  cm la relación es  $L_s \approx A_s \approx P_{mx}$ . El  $I_c$  es de 1,3-1,4, la apertura empieza a ser elíptica.

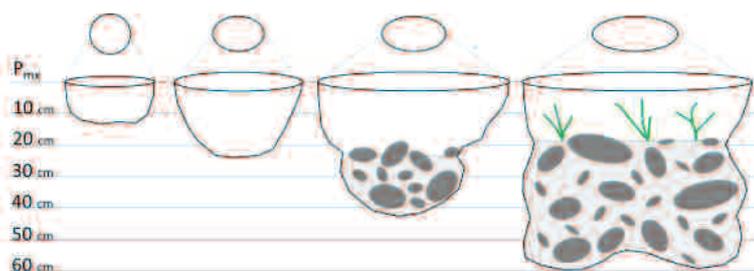


Fig. 3. Etapas evolutivas identificadas en las marmitas fluviales del Miño medio.

*Etapa M<sub>2</sub>*: a excepción de las formas incipientes, las marmitas en esta etapa de desarrollo son las más abundantes. Se caracterizan por fondos compuestos (en dos o más niveles) y porque, a partir de una  $P_{mx} > 40$  cm, retienen un espesor mayor de 10 cm de depósitos, mayoritariamente cantos y arenas. Su relación de aspecto es  $L_s \approx P_{mx} > A_s$ , su  $I_c$  se encuentra entre 1.5 y 1.8, el plano en el eje de apertura se vuelve más elíptico.

*Etapa M<sub>3</sub>*: representa el máximo nivel de desarrollo, presentan los ejes máximos de apertura, hasta 130 cm. Se caracterizan por perfiles escalonados y fondos sobreexcavados reteniendo espesores  $> 20$  cm de cantos y arenas, incluso llegan a albergar vegetación. Mantienen una relación general en la que  $P_{mx} > L_s > A_s$ , de apertura elíptica y profundas. El  $I_c$  alcanza valores de entre 2.0 y 2.7.

Tal como indican los resultados el proceso de desarrollo se define por un aumento en la profundidad, como de los planos de apertura. Además la tendencia del  $I_c$  es también al aumento lo que indica que en estadios iniciales la apertura es más bien circular y conforme la marmita se va desarrollando se vuelve más elíptica, en las formas incipientes el eje mayor en superficie es similar al eje menor, mientras que en las marmitas más desarrolladas el eje mayor en superficie duplica o incluso triplica al eje menor. La relación entre los ejes en los planos de apertura y la profundidad máxima se puede ver en la figura 4. Los dos ejes en superficie ( $L_s$  y  $A_s$ ) están relacionados de forma directa con la profundidad, pero se observa en las pendientes ( $p$ ) que el eje mayor ( $p=1.1$ ) se desarrolla en mayor grado que el eje menor ( $p=0.8$ ).

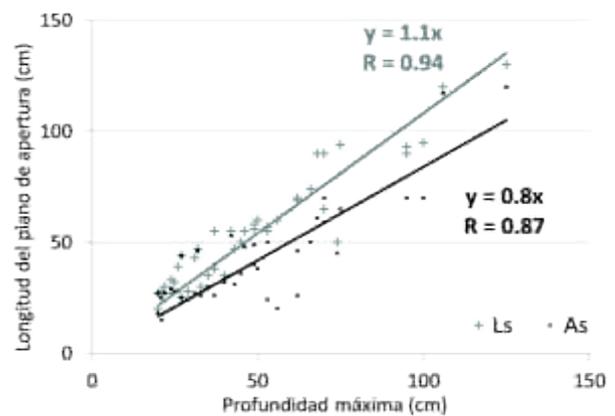


Fig. 4. Relación entre la profundidad máxima y los planos de apertura.  $L_s$  es el eje mayor en superficie y  $A_s$  es el eje menor en superficie.

## 5. Conclusiones

Entre las marmitas estudiadas se han diferenciado cuatro etapas evolutivas que responden a una intensidad creciente, de manera exponencial, del proceso erosivo. En cada etapa se han definido valores umbral que marcan cambios en la morfología, así hasta los 17 cm de profundidad la apertura es redondeada y los fondos planos; a partir de los 20 cm los fondos se hacen más cóncavos; a partir de los 20 cm de profundidad aparecen fondos compuestos con perfiles escalonados y fondos sobreexcavados. A partir de los 40 cm las marmitas retienen espesores de sedimentos de más de 10 cm y las marmitas más desarrolladas incluso llegan a desarrollar vegetación. También se ha observado un mayor desarrollo del eje máximo de apertura que hace que conforme las marmitas van creciendo su apertura tiende a ser elíptica.

## Referencias

- De Uña Álvarez, E., Vidal Romani, J. R., & Rodríguez Martínez-Conde, R. (2009). Erosive forms in river systems. In *Advances in studies on desertification: contributions to the International Conference on Desertification in memory of professor John B. Thornes*. Universidad de Murcia. 465-460.
- De Uña-Álvarez, E., Álvarez-Vázquez, M.A., & Rodríguez, R. (2014). Tipología de formas graníticas en el tramo medio del río Miño (Ourense, Galicia, NW del Macizo Ibérico). In Schnabel, S., & Gómez Gutierrez, A. (editors) *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014*, 434-437.
- Elston, E. D. (1917). Potholes: their variety, origin and significance. *The Scientific Monthly*, 5(6), 554-567.
- Esteves, H., Fernandes, I., & Vasconcelos, C. (2010). A margem do rio Minho entre Melgaço e Monção: Alguns aspectos do Património Geológico.
- Lorenc, M. W., Muñoz Barco, P., & Saavedra Alonso, J. (1995). Marmitas de gigante en el valle del río Jerte como ejemplo de erosión fluvial intensiva por remolinos e influencia tectónica en su distribución y morfología. *Cuaternario y Geomorfología*, 9(1-2), 17-26.
- Ortega Becerril, J. A. (2007). El estudio de la morfología de los ríos en roca. Implicaciones hidrológicas y evolutivas en dos barrancos españoles. *Boletín geológico y minero*, 118(4), 803-811.
- Ortega Becerril, J. A. (2010). Morfologías en los ríos en roca. Variaciones y tipologías. In Duran, J. J. (editor). *Patrimonio geológico: los ríos en roca de la Península Ibérica* (No. 4). IGME. 55-77.
- Vidal Romani, J. R., & Yepes Temiño, J. (2001). Las terrazas del río Miño en el tramo Chantada-As Neves (límite de Galicia-Portugal). *Acta geológica hispánica*, 36(1), 149-164.