

# **DATOS DE CAMPO PARA LA ESTIMACIÓN DEL ESTADO DE EROSIÓN A PARTIR DE TÉCNICAS DE FOTOINTERPRETACIÓN**

MARÍA JESÚS PERLES ROSELLÓ

## **RESUMEN**

El artículo recoge un conjunto de datos de campo relativos a morfometría de cauces recogidos sobre litología margosa y pizarrosa en una zona de contacto entre las Unidades Intermedias y las Unidades Internas de los Sistemas Béticos (Corredor de Colmenar-Periana y Montes de Málaga). Estas mediciones, además de contribuir a la caracterización de los cauces en estas litologías, constituyen el punto de partida para la evaluación del estado erosivo de la zona, como clave para la estimación del volumen estándar de tierra desalojado por cada tipo de cauce.

## **ABSTRACT**

The present article presents field data about the morphometrics of channels, gathered in a slate area located in a region of contact between the intermediate units and the inner units in the Betican mountain range (Pasillo de Colmenar and Montes de Málaga). The data provide a description of the channels in the areas, but they are also the basis for an evaluation of the erosion level in them, a key element for determining the volume of soil displaced in each channel.

## **ANTECEDENTES.**

En la propuesta metodológica que sirve de base al presente artículo (PERLES, 1994/95), el estado erosivo se define como el grado de intensidad de los signos de erosión manifestado en un terreno y observados en una fecha concreta. Como signos de erosión, en este caso de erosión hídrica, se han considerado distintos grados de erosión lineal (surcos, cárcavas y barrancos), así como diferentes tipos de erosión areolar, como es el caso de huellas marcadas en el paisaje por la erosión laminar y por la sedimentación.

Expresados de este modo, los datos sobre el estado de erosión de una zona, por una parte resultan indicativos del nivel de degradación de la misma desde el punto de vista erosivo, ofertando una zonificación de los distintos niveles de gravedad. Esta función, la de expresar cartográficamente la espacialización del fenómeno erosivo, constituye el objetivo más directo del inventario de signos de erosión, función para la que una aproximación cualitativa podría resultar suficientemente expresiva.

Por otra parte, estos signos de erosión, una vez ratificada su funcionalidad en la actualidad, pueden ser útiles además como variable dependiente a relacionar con los múltiples facto-

res del medio condicionantes de la erosión, siendo por tanto un parámetro clave para la deducción del riesgo de erosión y de un modelo predictivo (PERLES, 1995).

Las técnicas de superposición automatizadas posibilitadas por los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) han facilitado especialmente este tipo de planteamientos, ya que permiten la consideración conjunta de la naturaleza multivariable de los fenómenos, junto a su alta variabilidad espacial.

Como base de trabajo, a partir de un inventario de signos de un determinado proceso en una zona, puede indagarse acerca de los factores que, por concurrencia espacial, pueden relacionarse con el proceso. Tal y como recogen VÁZQUEZ-SELEM y ZINCK (1994) para un estudio de similares características al que se está haciendo alusión (modelización de la distribución de los torrentes en el área de Mexico central): "Though cartographic overlay of a gully distribution maps representing single environmental factors, (.....) the degree of spatial coincidence between gullies and these factors can be identified and regarded as an indication of underlying cause-effect relationship" (p. 238). Como ejemplo de este tipo de planteamiento de análisis concretamente para nuestra zona de estudio, puede citarse la metodología propuesta por C. IRIAGARAY, T. FERNÁNDEZ y J. CHACÓN (1994), en este caso para el estudio de la susceptibilidad al riesgo de movimientos en masa; igualmente en este caso se parte de un inventario de signos asociados a los movimientos en masa como base para la indagación sobre el peso de los diversos factores de riesgo.

En conclusión, dado que el inventario de los signos de erosión posee una función como base para la deducción de un modelo fundamentado en estadísticos multivariables complejos, se hace imprescindible el ajuste de los parámetros indicadores de la variable dependiente (signos de erosión), puesto que es conocido cómo en este tipo de modelos estadísticos fundamentados en la distribución de las variables, un error en las mediciones primarias puede causar grandes desajustes, inducir a la ausencia de relación entre variables o dificultar su interpretación. De este modo, las relaciones de proporción entre los distintos casos de una variables han de permanecer lo más cercana posibles a la realidad.

Con base en la fotografía aérea a escala 1: 18.000 y 1: 30.000, la propuesta para la estimación del estado erosivo se basó en la cuantificación de las formas de erosión lineal presentes sobre el terreno, que fueron puestas en relación con el área de la ladera sobre la que se producían, generándose como parámetros primarios los indicadores de intensidad de la erosión lineal siguientes (en este artículo se hará referencia únicamente a los signos de erosión lineal):

- nº de surcos por unidad de superficie para cada ladera
- nº de cárcavas por unidad de superficie para cada ladera
- nº de barrancos por unidad de superficie para cada ladera

Para obtener un indicador único de la intensidad con la que la erosión ha actuado sobre una zona, el requisito siguiente que se acometió fue la unificación de estos parámetros en un indicador definitivo. Para ello se hizo necesaria la ponderación de los distintos niveles de erosión hídrica mediante un coeficiente proporcional al tamaño de cada uno de ellos.

Para este cometido, se indagó en la tarea de medición de las distintas secciones de cauce de los signos de erosión linear en la zona de estudio (PERLES, 1994), al objeto de obtener las dimensiones representativas de la sección de un surco, una cárcava y un barranco. Esta sección tipo supondría la clave para la obtención de los coeficientes de ponderación, a la vez que nos permitiría cubicar el volumen de tierra desalojada por cada forma de incisión en cuestión, y posteriormente calcular su peso, sin la necesidad de medir directamente cada uno de los canales.

Por este motivo, del nivel de representatividad de la sección tipo o estándar, dependerá el grado de acercamiento a la realidad de todas las estimaciones posteriores, así como la posible introducción de errores o distorsiones en una base de datos que habrá de tratarse estadísticamente en un momento posterior.

En este contexto, este artículo recoge los pasos elaborados para el ajuste de las distintas secciones a la realidad, matizando como el perfil de cada sección se ve afectado y varía en razón de factores tales como la litología sobre la que se desarrollan.

### **DIFERENCIACIÓN DE NIVELES DE INCISIÓN LINEAL.**

Como se recoge en PERLES (1994), para una primera diferenciación de los distintos grados de erosión linear se partió de las medidas de profundidad propuestas por VAN ZUIDAM y CANCELADO (1977) a tal efecto, tomando como valor representativo de la profundidad de los cauces los datos que se exponen a continuación y se recogen en el cuadro nº 1.

Para el surco se escogió como valor la marca de clase del intervalo propuesto por ZUIDAM y CANCELADO (25 cm); en el caso de las cárcavas, dadas las grandes dimensiones de los cauces en el ámbito mediterráneo, se optó por escoger el límite mayor del intervalo como medida tipo de profundidad. Para el barranco, dado que el intervalo se presentaba abierto, se eligió como hipótesis de trabajo la profundidad estándar de 300 cm.

**Cuadro nº 1.**  
**Adaptación de los valores de profundidad de los cauces según**  
**Zuidam y Cancelado (1977).**

PROFUNDIDAD DE LOS SIGNOS DE EROSIÓN LINEAL		
Profundidad según Zuidam y Cancelado (1997)		Profundidad propuesta (primera opción)
surcos (rills)	0-50	25
cárcavas (gullies)	50-150	150
barrancos (ravine)	>150	300

Como valores de ancho se decidió adoptar los mismos que los propuestos para la profundidad, pensando a priori que la figura geométrica que mejor se adaptaba a la representativa de la sección de los cauces sería la de un triángulo invertido y equilátero.

Estas medidas parecieron apropiadas en un primer momento, en contraposición a otros intervalos de diferenciación de los distintos cauces propuestos en contextos climáticos en los que la erosión se manifiesta con mucha menor entidad que en la zona mediterránea. Este es el caso, por ejemplo, de las medidas propuestas por EVANS (1995), que en su análisis recoge las pautas de diferenciación de los cauces que se recogen a continuación.

Medidas tipo de cauces (Evans, 1995)	
traces	5-10 mm. de profundidad, sección menor a 3 cm
strong rills	No pueden deshacerse con el arado
gullies	profundidad y ancho en torno a los 30 cm.

Como puede observarse, se extrema la precisión de las medidas en los cauces de menor entidad. Según esta clasificación, la mayor parte de los cauces producidos en nuestro ámbito de estudio presentarían dimensiones mucho mayores a las apuntadas para los cauces más grandes. Valores más cercanos a la realidad de nuestra zona de estudio pueden ser, por ejemplo, los apuntados para los surcos por A. D. ABRAHAMS y GANG LI (1996), para un ámbito semiárido y montañoso al sur de Arizona (80 cm. a 1 m. de anchura y 5 a 10 cm. de profundidad).

A partir de los valores basados en los datos del ITC modificados, se establecieron en un primer momento, los coeficientes de ponderación, y se cubió el volumen de tierra desalojada por cada cauce, y posteriormente el peso de la misma (PERLES 1994/95).

Posteriormente estos valores de volumen obtenidos partiendo de medidas teóricas, fueron calibrados y reformados a partir de los datos obtenidos directamente de la medición de campo, mediante un muestreo (PERLES 1994). Las medidas de ancho y profundidad definitivas se recogen en el cuadro siguiente. (Se hace alusión únicamente a las magnitudes de ancho y profundidad de los cauces; los valores medios de longitud son intrínsecamente variables, por lo que para su estimación se precisa la medición concreta para cada cuenca).

cauces	ancho (cm)	profundidad (cm)
surcos	70	42
cárcavas	285	172
barrancos	400	383

A partir de este proceso de calibración, pudo observarse como primer punto de revisión cómo en la zona de estudio, la sección de los cauces en general se caracteriza por presentar un eje horizontal mayor que el vertical (cauces más anchos que profundos).

En este primer nivel de aproximación a la caracterización de la sección de los cauces, se asumían dos factores distorsionantes principalmente. Por una parte, se ha seguido manteniendo como hipótesis de trabajo la sección triangular de los cauces en todos los casos, aún a pesar de que en el proceso de medición se pusiera ya de manifiesto una disparidad en la figura de esta sección triangular. Por otra parte, se consideraron valores medios para cauces situados

sobre litologías dispares, para obtener valores correspondientes al conjunto de la cuenca de estudio.

En un último nivel de aproximación cuyos resultados se recogen en este artículo, se ha precisado más en el procedimiento de muestreo y medición de campo, a fin de matizar al menos dos aspectos: hasta que punto son estimables las diferencias que la litología puede introducir en las secciones de los cauces en nuestra zona de estudio, siempre en el contexto del método de trabajo cartográfico para el que esta pensado, y, en segundo lugar, observar si existe un modelo geométrico de sección que refleje la influencia de este condicionante litológico o de algún otro factor.

### **LA ZONA DE ESTUDIO.**

Las mediciones se han elaborado en la cuenca del río de la Cueva, subcuenca cabecera del río Vélez, el principal colector del área oriental de la provincia de Málaga. Esta cuenca, de una extensión de 83 km<sup>2</sup>, resulta idónea como zona de medición por reunir en un espacio relativamente abarcable, una gran variedad de unidades de tierra, condicionada fundamentalmente por su diversidad litológica (pizarras, calizas, brechas poligénicas y margas y margocalizas). El muestreo se centró en las áreas de litología pizarrosa y margosa, representativas en gran parte de las unidades de los Montes de Málaga y del Flysh de Casabermeja-Colmenar respectivamente.

### **SELECCIÓN DE LOS CAUCES.**

Como se ha indicado anteriormente, la medición se centró en los cauces desarrollados sobre dos litologías, una de filíticas (serie de filitas de edad precámbrica-ordovícica), que ocupa la mayor extensión de la unidad de los Montes de Málaga, y la margosa, representativa del fondo del Pasillo de Colmenar (serie de margas negras con areniscas de edad oligo-miocena).

La muestra de cauces estuvo compuesta por un total de 9 casos por cada litología, seleccionándose para la medición 3 surcos, 3 cárcavas y 3 barrancos para cada una de ellas. Los cauces seleccionados cumplían además las condiciones de situarse en laderas con una pendiente media similar, así como el estar situados sobre un uso del suelo equivalente. En el caso de los cauces situados sobre laderas filíticas la pendiente media se sitúa en torno al 30%; en el de los desarrollados sobre margas, alrededor del 20%. El uso del suelo en el caso de las laderas pizarrosas es olivar o almendro, y en el de las margas, herbáceo.

En el proceso de medición en campo, se tomaron referencias no sólo del ancho y profundidad de los cauces (únicos parámetros necesarios para averiguar el área de la sección mediante una forma geométrica triangular), sino que se midió también el ancho del fondo del cauce, atendiendo al modelo trapezoidal que se observaba en una parte de la muestra.

**RESULTADOS.**

Los datos medios para cada una de las dimensiones de la sección de los cauces en las litologías analizadas se recogen en el siguiente cuadro, junto a las medias para todas las litologías.

**Cuadro nº 2.**

**Valores medios de ancho y profundidad de los cauces componentes de la muestra.  
Valores medios para margas, pizarras y todas las litologías.**

<b>SURCOS</b> Magnitud media en cm.	<b>Ancho mayor</b> Lado mayor del trapecio	<b>Ancho menor</b> Lado menor del trapecio	<b>Profundidad</b>
todas las litologías	70	0	42
margas	40	25	30
pizarras	160	20	40

<b>CÁRCAVAS</b> Magnitud media en cm.	<b>Ancho mayor</b> Lado mayor del trapecio	<b>Ancho menor</b> Lado menor del trapecio	<b>Profundidad</b>
todas las litologías	285	0	172
margas	120	60.75	70
pizarras	225	50	65

<b>BARRANCO</b> (media en cm.)	<b>Ancho mayor</b> Lado mayor del trapecio	<b>Ancho menor</b> Lado menor del trapecio	<b>Profundidad</b>
todas las litologías	400	0	383
margas	470	100	180
pizarras	320	65	100

Como principales resultados a la vista de los datos recogidos, pueden señalarse los siguientes:

- La proporción entre las medidas de profundidad y altura es mucho mayor en los cauces desarrollados sobre litología pizarrosa respecto a los desarrollados sobre litología margosa; en el caso de desarrollarse sobre pizarras, los cauces presentan una tendencia a “achatar” su sección. El ancho en estos cauces supera casi cuatro veces (3,9 de valor medio) el valor de profundidad, mientras que en los cauces sobre margas el ancho no llega a doblar la profundidad (1,8 veces mayor como media).
- En los signos de erosión lineal desarrollados sobre litología margosa se aprecia una tendencia a labrar cauces de sección trapezoidal, mientras que las pizarras manifiestan una tendencia a generar cauces de sección casi triangular (en realidad se trata de un

trapecio invertido con lado menor tan pequeño que en ocasiones puede asimilarse a un vértice), con vertientes laterales de tendencia convexa (ver fotos nº 1 y 2). Podemos contrastar este hecho comparando la medida del fondo de los cauces desarrollados sobre ambas litologías.

<b>Lado menor del la sección trapezoidal del cauce</b>			<b>proporción</b>
<b>cauce</b>	<b>margas</b>	<b>pizarras</b>	<b>margas/pizarra</b>
surco	25	18	1.38
cárcava	60.7	50	1.21
barranco	72.5	65	1.11

Esta tendencia a presentar fondos más amplios se aprecia en mayor medida en los cauces más pequeños, mientras que en el caso de los barrancos los valores entre margas y filitas son similares. Esta tendencia al acercamiento en el caso de los barrancos puede observarse en la forma de la sección (ver fig. nº 1), apreciándose una tendencia a la forma trapezoidal en los barrancos sobre los materiales pizarrosos y una tendencia a la triangulación de la forma en el caso de los barrancos sobre margas.

– Según se deduce de estas mediciones y de las secciones tipo establecidas, si los comparamos con las secciones tipo calculadas mediante la figura geométrica triangular, se observa un lógico aumento de la sección y por tanto del volumen final desalojado (ver cuadro nº 3). Este aumento es considerablemente mayor en el caso de los cauces trazados sobre margas (cauces 1.43 veces mayores que los estimados mediante sección triangular), puesto que en el caso de los cauces sobre filitas los estimados mediante sección triangular son sólo 1.1 veces mayores que los estimados mediante sección triangular. Este hecho se relaciona claramente con la tendencia más clara en las filitas a presentar secciones de cauce triangulares, y por la tanto, mejor ajuste a esta figura.

El aumento del área de la sección se hace más evidente en los cauces de pequeño tamaño, especialmente en los surcos desarrollados sobre margas, llegando a superar 1.6 veces el tamaño calculado mediante sección trapezoidal frente a la estimada mediante triángulo.

### **Cuadro nº 3.**

**Sección media de los cauces utilizando distintas formas geométricas para su estimación. Proporción entre los valores para margas y pizarras.**

<b>SURCOS</b>	<b>margas</b>	<b>pizarras</b>
Sección media en cm. (triangular) (A)	600	3200
Sección media en cm. (trapezoidal) (B)	975	3600
Proporción A/B	1.6	1.1

<b>CÁRCAVAS</b>	<b>margas</b>	<b>pizarras</b>
Sección media en cm. (triangular) (A)	4200	7312
Sección media en cm. (trapezoidal) (B)	6326	8937
Proporción A/B	1.5	1.2

  

<b>BARRANCOS</b>	<b>margas</b>	<b>pizarras</b>
Sección media en cm. (triangular) (A)	51300	1600
Sección media en cm. (trapezoidal) (B)	42300	19250
Proporción A/B	1.2	1.2

– La relación entre la forma de la sección de los cauces y las distintas litologías analizadas se corresponde con patrones generales basados fundamentalmente en las características de físicas de cada una de estas litologías. Por ejemplo, el ITC (VAN ZUIDAM Y CANCELADO, 1977) recoge de WAY (1973) la asociación entre secciones de cauce de tipo rectangular con materiales moderadamente cohesivos, como podría ser el caso de las margas en nuestra zona de estudio, frente a la proclividad a que se generen cauces de perfil triangular sobre materiales no cohesivos y de textura granular, caso que podría asimilarse a los cauces desarrollados sobre pizarras.

En conclusión, a través del procedimiento de medición de campo recogido en el artículo, se ha avanzado en la caracterización de las características morfométricas de los distintos niveles de cauces analizados, tanto en lo que se refiere a sus medidas como a la forma de su sección.

Ha podido detectarse igualmente diferencias considerables del modelo de cauce relacionables a priori con la litología. Si bien para poder establecer conclusiones sobre este aspecto sería necesario corroborar esta relación forma/medidas/litología con mas precisión (eliminación de otros factores que puedan estar condicionandola indirectamente), esta relación ha podido observarse con suficiente claridad.

Estos datos de campo pueden resultar útiles para la estimación ajustada de los valores de estado erosivo en el ámbito que nos ocupa, y en otras áreas de características físicas similares.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- ABRAHAMAS, A.D.; LI, G.; PARSONS, J. (1996): " Rill hydraulics on a semiarid hillslope, Southern Arizona". *Earth surface processes and landforms*, vol. 21, pp. 35-47.
- IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T.; CHACÓN, J.(1994): "GIS landslide inventory and analysis of determinant factors in the sector of Rute (Córdoba, Spain)". *7th International IAEG Congress*. Rotterdam.



- PERLES ROSELLÓ, M.J.(1995): *El concepto de fragilidad erosivo. Propuesta metodológica para su evaluación*. Colección Tesis Doctorales, ed. SPICUM, Universidad de Málaga. Formato microfichas.
- PERLES ROSELLÓ, M.J. (1994): "Comprobación de una propuesta para la estimación teórica del estado erosivo (cuenca del río Vélez, Málaga)". *Geomorfología en España*. III Reunión Nacional de Geomorfología. SEG- Universidad de La Rioja.
- PERLES ROSELLÓ, M.J.(1997): *Medir la erosión. Cartografía de la fragilidad erosiva en el valle del río Vélez*. Exma. Diputación Provincial de Málaga.
- VAN ZUIDAM, R.A. y CANCELADO,F. (1977): "Terrain analysis and classification using aerial photographie. A geomorphological approach". *I.T.C. Textbook of photo interpretation*. Vol.VII. Netherlands.
- VAZQUEZ-SELEM, L. y ZINCK. A. (1994): "Modelling gully distribution on volcanic terrains in the Huasca area, central Mejico". *ITC Journal*, nº 3-1994, pp. 238-251.