

Geomorfología y gestión del Parque Natural del Alto Tajo (2). Estimación de la emisión de sedimentos de la cuenca del arroyo Peñalén mediante RUSLE 1.06

C. Martín Moreno (1), I. Zapico (2), J.M. Nicolau (2), J.F. Martín Duque (1),
A. Lucía (1), M.A. Sanz (1)

- (1) Dpto. de Geodinámica, Fac. CC Geológicas, UCM, Madrid. crismartin@geo.ucm.es
(2) Dpto. de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid

Abstract

Geomorphology and management of the Alto Tajo Natural Park (2). Evaluation of the sediment emission of the Peñalén stream watershed by using USLE 1.06

The environmental effects, mainly hydrological, of both abandoned and active kaolin mines located at the edge of the Alto Tajo Natural Park is analysed at the communication *Geomorphology and management of the Alto Tajo Natural Park (1)*. There, it is described that the Peñalén stream watershed is one of the hotspots of soil erosion and sediment sources to the Tagus river. In this work, an evaluation of the soil erosion rates of the Peñalén watershed is made by using the RUSLE 1.06 (*Rusle for mined lands, constructed sites and reclaimed land*). Additionally, sediment yield quantification could be made from sedimentation volumes at a check-dam located at the mouth of the watershed. Data from both sources have been compared, considering the first one means erosion rates in situ and the second one mean specific sediment yield (sediment exportation or emission from the watershed).

Palabras clave: hydrological impact, kaolin mines, Alto Tajo Natural Park, RUSLE 1.06

Key words: impacto hidrológico, minas de caolín, Parque Natural del Alto Tajo, RUSLE 1.06

1. INTRODUCCIÓN

Según se explica en la comunicación *Geomorfología y gestión del Parque Natural del Alto Tajo (1)*, las explotaciones mineras abandonadas de caolín, sobre todo las situadas en el entorno de la localidad de Peñalén (Guadalajara), han provocado y provocan un importante impacto hidrológico en la red fluvial del río Tajo. Los sedimentos emitidos por esas minas abandonadas han tenido y tienen una conexión rápida y directa con el arroyo de Peñalén, el cual vierte sus aguas al arroyo Merdero, afluente directo del río Tajo, dentro ya del Parque Natural del Alto Tajo (Fig. 1).

En la década de 1980 se construyeron dos diques de retención de sedimentos en la cuenca del citado arroyo de Peñalén (diques 1 y 2, Figura 1), los cuales se colmataron rápidamente. Ante esta situación, en el momento actual, la

Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) tiene previsto limpiar y acondicionar esos dos diques, así como construir un tercer dique en la desembocadura del arroyo Merdero, antes de su desembocadura al río Tajo (proximidades del cono aluvial, Fig. 1).

En esta comunicación se realiza una primera estimación de la erosión del suelo que tiene lugar para cada unidad ecohidrológica de la cuenca del arroyo Peñalén, y para el conjunto de la cuenca, mediante el modelo RUSLE 1.06. El objetivo ha sido identificar las principales fuentes de sedimentos de la cuenca, con el fin de priorizar las medidas de restauración ecológica en la misma. A partir de la sedimentación producida en un dique de corrección hidrológica situado a la salida de la cuenca también ha sido posible estimar la exportación de sedimentos, y comparar ambos resultados, sin olvidar que ambos tienen distinto significado.

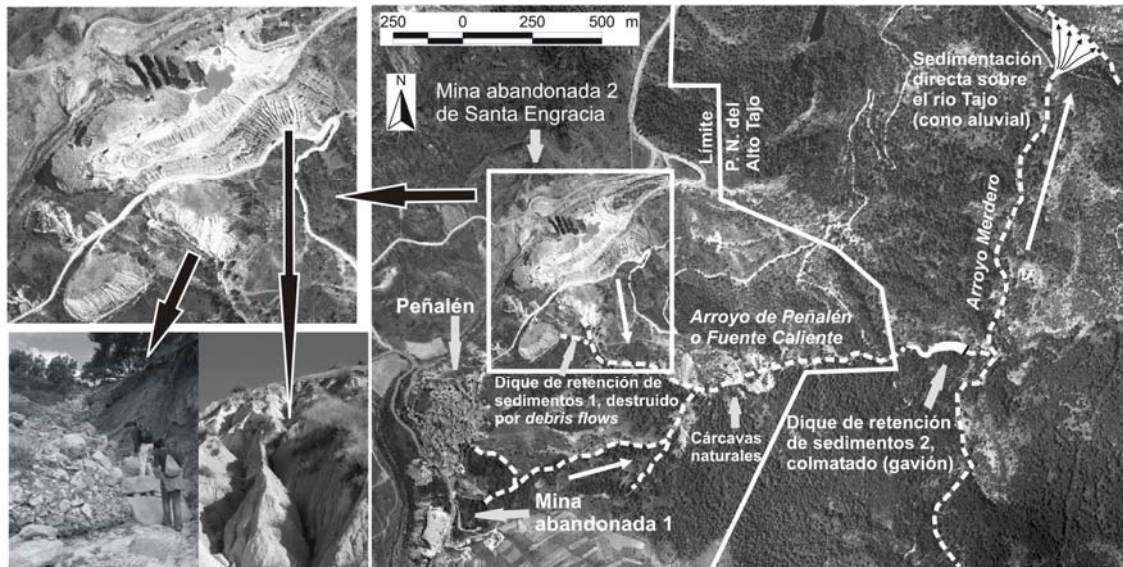


Figura 1. Contexto del impacto hidrológico de la cuenca del arroyo Peñalén sobre el río Tajo.

2. PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ACTIVOS EN LAS MINAS ABANDONADAS

Un análisis morfológico de las explotaciones mineras abandonadas de la cuenca del arroyo Peñalén muestra procesos erosivos muy intensos. En concreto, las escombreras exteriores de la mina abandonada de Santa Engracia han evolucionado desde una topografía con forma de terrazas hasta otra de profundos regueros, de más de un metro de profundidad, de manera que su fisonomía inicial es irreconocible (Fig. 1).

Los procesos de erosión y degradación son tan intensos que ha sido posible reconocer, incluso, depósitos de *debris flow* que han reventando pequeños diques de gaviones (Fig. 1).

La emisión de sedimentos desde estas escombreras llega a la red fluvial afluente del Tajo, dentro ya del Parque Natural (Fig. 1). La contaminación física de estos aportes sólidos supone impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas acuáticos, ya descritos en la comunicación *Geomorfología y gestión del Parque Natural del Alto Tajo* (1).

3. ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE SEDIMENTOS A PARTIR DE LA SEDIMENTACIÓN EN DIQUES DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICA

Como consecuencia de la gravedad de los procesos erosivos en esta cuenca, en 1984, el entonces ICONA construyó un dique de gavión de 4 m de altura sobre el cauce en la desembocadura del arroyo Peñalén al arroyo Merdero (R. Serrada, Com. Pers.) (dique 2, fig. 1). Según Honorio Vicente (Com. Pers.), este dique se rellenó de sedimentos, procedentes sobre todo de la cantera abandonada 1 (ver Fig. 1), en un solo año. En 1988, y coincidiendo con la reactivación de la mina Santa Engracia, el dique de gaviones (dique 2, Fig. 1) que ya estaba completamente relleno de sedimentos desde 1985, fue recrecido 4 m más, quedando una cerrada de presa de 8 m de altura y 30 m de coronación. En esta ocasión el dique se rellenó en dos años, formando un vaso de 150 m de longitud. Con esos datos, es posible estimar el volumen de sedimentos que rellenan el dique, mediante la cubicación de la figura geométrica que se asemeja a la cuña: una pirámide de base trapezoidal en posición horizontal (Romero Díaz, 2007):

$$V = 1/3 \times B \times H$$

V volumen de sedimentos (m^3);
B, área de la base, superficie del dique;
H, longitud de la cuña de sedimentos.

Con todo ello se obtiene un total de 6.000 m^3 de material arenoso que rellena la cuña sedimentaria, que con una densidad media de 1,6 gr/cm^3 supone un total de 9.600 toneladas sedimentadas en tan sólo 3 años (discontinuos). A partir de esos datos puede estimarse una tasa de producción de sedimentos (*sediment yield*) para toda la cuenca de de 3200 $m^3/año$.

La guardería forestal del momento atribuyó la emisión de esos sedimentos a las minas abandonadas y a cárcavas naturales. Por ello, se procedió a calcular la superficie total de esas unidades, obteniendo un valor de 13,52 hectáreas. Con esos valores, la tasa de producción de sedimentos (específica) para las principales superficies 'emisoras' sería de 236,7 Tm/ha/año, si bien ese valor debe estar sobreestimado, al no considerar el aporte desde otras unidades.

4. ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE EROSIÓN A PARTIR DE RUSLE 1.06

La versión 1.06 de la RUSLE (*Rusle for mined lands, constructed sites and reclaimed lands*), se desarrolló a partir de datos empíricos registrados en suelos mineros, por lo que resulta una herramienta muy útil en la predicción de la erosión en estos ambientes (Toy & Foster, 1998). Para su aplicación en la cuenca del arroyo Peñalén, se cartografiaron las distintas unidades ecohidrológicas que componen el conjunto de esa cuenca (Fig. 2).

Para calcular el factor R se han tomado los datos publicados en Forteza (1981) e ICONA (1988), y datos directos de las estaciones meteorológicas de la comarca, suministrados por el INM.

Para el cálculo del factor K se analizaron un mínimo de 3 muestras compuestas de las distintas unidades edáficas identificadas, obteniéndose los datos de textura y materia orgánica requeridos por el programa. Los valores para los factores LS, C y P se obtuvieron a partir del análisis con el *software* ArcGIS de la ortofoto y Modelo Digital de Elevaciones del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA, de octubre de 2006, tamaño de píxel de 0,5 m), así como con comprobaciones en campo. La Tabla I muestra los resultados obtenidos.

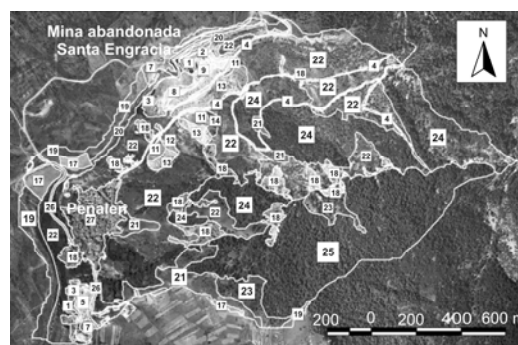


Figura 2. Unidades ecohidrológicas de la Cuenca del arroyo Peñalén, para el cálculo de la erosión del suelo. Para su descripción, véase la Tabla 1.

5. CONCLUSIONES

Las unidades de la Tabla I que muestran mayores valores medios de erosión hídrica (1, 3, 12, 13, 18) ofrecen cifras menores que las registradas para otros ambientes mineros (Nicolau, 1996). Este hecho puede deberse tanto a la falta de calibración del modelo para esta localización, como a que este método no evalúa la erosión en *gullies*. Esa subestimación se pone de manifiesto si realizamos una comparación con los valores obtenidos a partir de la sedimentación en el dique 2 (3200 Tm/año frente a 1077 Tm/año obtenidas a partir de la RUSLE 1.06). Para la estimación directa cabe añadir, además, que la tasa de erosión *in situ* debería ser aún mayor, dado que el valor obtenido corresponde a la producción de sedimentos (*yield*) de la cuenca.

TABLA I: Erosión media y total para las unidades ecohidrológicas de la cuenca del arroyo Peñalén

	Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD ECO- HIDROLÓGICA	PTE.	EROSIÓN Tm/ha/año	ÁREA TOTAL (ha)	ER.TOT. Tm/año
Zona de explotación y vías de acceso	1a	Taludes de desmonte (V)	> 25°	87,83	0,68	59,49
	1b	Taludes de desmonte (NV)		30,43	1,29	39,30
	2	Bermas de desmonte (NV)	> 9°	13,43	0,56	7,47
	3a	Taludes de derrubios por evolución natural (V)	>25°	20,82	0,29	5,94
	3b	Taludes de derrubios por evolución natural (NV)		40,00	1,78	71,04
	4	Pistas y caminos	--	--	--	--
	5	Plaza de explotación (V)	>9°	12,98	1,21	15,71
	6	Superficies de trabajo	--	--	--	--
	7a	Superficies modificadas (V)	0 – 9°	1,69	0,32	0,54
	7b	Superficies modificadas(NV)		1,69	0,93	1,57
8	Zonas de sedimentación (NV)	> 9°	0,89	0,12	0,10	
9	Lámina de agua	--	--	--	--	
10	Balsas de sedimentación	--	--	--	--	
Escombrera	11	Plataformas de estériles (V)	0- 9°	1,90	1,29	2,44
	12	Taludes sin regueros de estériles (V)	> 9°	28,32	0,19	5,38
	13a	Taludes con regueros de estériles (V)	>25°	41,30	3,89	160,81
	13b	Taludes con regueros de estériles (NV)		15,71	1,57	24,71
	14	Taludes sin regueros con tierra vegetal (V)	>25°	5,66	0,44	2,49
	15	Bermas de estériles (V)	--	--	--	--
16	Bermas con tierra vegetal (V)	--	--	--	--	
Cuenca natural	17	Campos de cultivo sobre rocas carbonáticas (V)	0 – 9°	1,38	2,53	3,49
	18	Suelo desnudo (cárcavas) (V)	>25°	72,17	8,47	611,28
	19a	Pastizal + matorral sobre rocas carbonáticas (V)	0 -9°	7,45	3,43	25,58
	19b	Pastizal + matorral sobre rocas carbonáticas (NV)		0,32	5,50	0,80
	20	Pastizal + matorral sobre rocas carbonáticas (V)	> 9°	11,37	4,12	46,84
	21	Pastizal sobre arenas arcillas y margas (V)	0 -9°	2,18	7,70	16,78
	22	Matorral sobre coluvión carbonático (V)	> 9°	1,49	62,51	93,14
	23	Matorral sobre arenas, margas y arcillas (V)	> 9°	1,80	5,02	9,03
	24	Arbolado sobre coluvión carbonático (V)	> 9°	0,15	34,10	5,10
25	Arbolado sobre arenas, margas y arcillas (V)	> 9°	0,39	36,43	14,20	
				Total unidades vertientes (Tm/año)		1077,42
				Total unidades no vertientes (Tm/año)		145,00

V: Unidades Vertientes a la cuenca natural

NV: Unidades No Vertientes a la cuenca natural.

Pero el principal problema, en este caso, es la vulnerabilidad del lugar en el que ocurren la erosión y la emisión de sedimentos, con conexión directa a la red fluvial del Parque Natural. Como ya se señaló, la CHT tiene previsto acometer la limpieza y arreglo de los diques construidos en la década de 1980, así como la construcción de un tercer dique en la desembocadura del arroyo Merdero. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, la restauración de las minas y escombreras citadas constituiría la mejor solución posible, pues permitiría recuperar el equilibrio hidrológico de las laderas afectadas.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del contrato de investigación 234/2007 entre CAOBAR S.A.¹ y la UCM.

¹ CAOBAR S.A. ha financiado esta investigación, pero ni ha explotado ni es propietaria de las minas incluidas en la cuenca del arroyo Peñalén.

Dichos trabajos se integran a su vez en los proyectos CGL2004-02179 y CGL 2006-07207, financiados por el MEC, y cuentan con la colaboración de la UAH y del Parque Natural del Alto Tajo.

REFERENCIAS

- Forteza, M. (1981). *Caracterización Agroclimática de la Provincia de Guadalajara*. MAPA, Madrid.
- ICONA (1988). *Agresividad de la lluvia en España..* MAPA, Madrid, 39 pp.
- Nicolau, J.M. (1996). Effects of topsoiling on rates of erosion and processes in coal mine spoil banks in Utrillas, Teruel. *Int. J. Surf. Min. Rec. Env.* 10, 73-78.
- Romero Díaz, A. (Coord.) (2007). *Los diques de corrección hidrológica. Cuenca del río Quípar (Sureste de España)*. Univ. Murcia, Murcia, 270 pp.
- Toy, T.J. & Foster, G.R. (Eds.) (1998). *Guidelines for the Use of the RUSLE on Mined Lands, Construction Sites, and Reclaimed Lands*. Office of Surf. Min. Rec. Enf., 149 p. + software.