



# DETERMINACIÓN DE NIVELES DE EMISIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO CTALAMOCHITA. CÓRDOBA. ARGENTINA.

L. de Antueno<sup>a</sup> y Gaspari F.J.

<sup>a</sup> Cátedra de Manejo de Cuenas Hidrográficas, CEIDE, FCyF, Universidad Nacional de La Plata, ARGENTINA

email: [lucia.deantueno@agro.unlp.edu.ar](mailto:lucia.deantueno@agro.unlp.edu.ar)



## Introducción

En Córdoba, la cuenca alta del río Ctalamochita (CARC) cuya superficie es de 10.573 km<sup>2</sup>, tiene gran potencialidad en la generación de sedimentos dadas las amplias superficies con elevadas pendientes y la morfología que facilita la rápida concentración del agua precipitada. La parte baja, presenta una drástica disminución en las pendientes, asimilando el comportamiento hidrológico a un sistema de llanura, favoreciendo la deposición de sedimentos (Figura 1).

El objetivo del trabajo es la determinación de niveles de emisión de sedimentos en toda la cuenca. Para ello se aplicó el modelo HEC-HMS, que permitió simular el fenómeno lluvia-escurrentía en ese sistema hidrológico, para obtener datos de caudal y escurrentía para lluvias torrenciales en las diferentes subunidades que componen una cuenca.

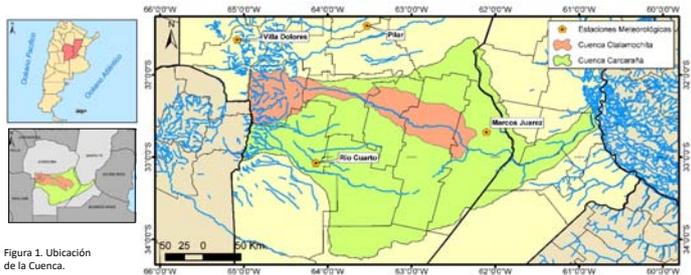


Figura 1. Ubicación de la Cuenca.

## Metodología

Para la determinación de niveles de emisión de sedimentos en toda la cuenca se emplearon modelaciones hidrológicas realizadas utilizando el programa HEC-HMS, variando los eventos de precipitación y los caudales erogados por los seis embalses presentes en la cuenca alta. Se emplearon 4 lluvias: una de 18 mm, valor promedio de las lluvias registradas en los últimos 10 años; otra de 217 mm, siendo esta una precipitación extrema; una lluvia intermedia de 118 mm, determinado como la media aritmética entre las dos anteriores; una lluvia de 75 mm adoptada como nivel de base para la generación de escurrimiento (Fig.2).

La variabilidad espacial de los patrones de tormentas es generalmente grande, por ende, una tormenta de diseño estimada a partir de información pluviométrica registrada en una única estación de medición, tiene una validez limitada, desde un punto de vista geográfico.

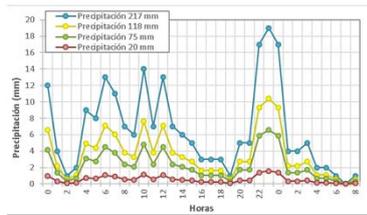


Figura 2. Eventos de lluvia analizados

Cuando el área de aplicación es considerable, para lograr que dicha metodología sea representativa en el área de trabajo, se emplean las curvas de abatimiento areal de la precipitación para la provincia de Córdoba. Entonces, en la cuenca media-baja, dada su gran extensión, se aplicó la ecuación presentada por Zimmerman et al. (2000), para obtener el Coeficiente de Abatimiento Areal (CAA):

$$CAA = [e^{-(0,017606 \cdot A)^{0,03 \cdot d^{(-0,0277)}}}]$$

Siendo, A la superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>) y d la duración de la tormenta (horas).

En la modelización hidrológica se aplicó el método de Número de Curva para transformar la lluvia en escurrentía, a nivel de subcuenca. Además, se empleó el método del Hidrograma Unitario para la transformación de la escurrentía en hidrograma.

Una vez logrado el análisis de estos escenarios se determinó la emisión de sedimentos que genera cada evento modelado, empleando la ecuación Modificada de Pérdida del Suelo (MUSLE), que es la extensión de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), aplicada cuencas hidrográficas. Finalmente, se discretizaron en niveles de emisión los valores alcanzados

## Resultados

Se trabajó a nivel de subcuenca, siendo un total de 15, correspondientes a los principales cursos afluentes a los seis embalses existentes en la parte alta de la cuenca y también las llamadas zonas de aporte que, si bien no presentan cauces definidos o permanentes, también aportan superficial o subterráneamente a dichos embalses. La parte media y baja de la cuenca CB, se analizó de forma conjunta (Figura 3).

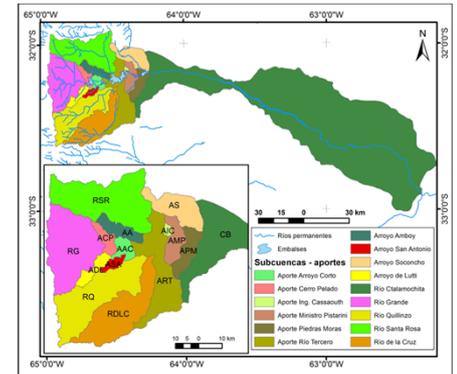


Figura 3. Subcuencas estudiadas

Los resultados de emisión de sedimentos obtenidos se analizaron por unidad de superficie (hectárea) (Tabla 1), y por evento de precipitación (Tabla 2). Las gradaciones de MUSLE fueron determinadas mediante percentiles indicando el nivel de emisión de sedimentos ante eventos pluviales, donde en **verde** se observan los valores mínimos de erosión, cuando el nivel de emisión de sedimentos es bajo/nulo, para ambas tablas el valor mínimo determinado es 0. Mientras que, en **rojo** se identificaron los valores máximos de erosión, cuando el nivel de emisión de sedimentos es máximo de 1,246 Mg.ha<sup>-1</sup> (en la Tabla 1), correspondiente al sector de aporte al embalse Río Tercero y 14.242,5 Mg (en la Tabla 2), correspondiente a la subcuenca del río Quillínzo.

Analizando los resultados obtenidos se aprecia que, para precipitaciones mayores a los 100 mm, en la mayoría de las cuencas se observa generación de sedimentos moderada/alta. Especialmente en la Tabla 1, donde para precipitaciones mayores a 200 mm la vulnerabilidad se vuelve muy alta.

Tabla 1. MUSLE total por subcuenca

Sector estudiado	Superficie ha	MUSLE - Mg			
		217 mm	118 mm	75 mm	18 mm
Subcuenca del Río Santa Rosa	21.573,5	10.749,0	3.547,4	341,7	0,0
Subcuenca del Río Grande	63.739,5	10.702,7	1.412,2	229,9	0,0
Subcuenca del Río Quillínzo	61.575,3	14.242,6	5.065,2	2.746,2	0,0
Subcuenca del Río De La Cruz	51.769,0	10.758,0	4.303,3	1.208,0	0,0
Subcuenca del Arroyo Soconcho	24.374,2	5.767,2	2.968,6	1.499,2	0,0
Subcuenca Arroyo De Lutti	7.413,5	2.865,0	935,4	71,3	0,0
Subcuenca Arroyo San Antonio	3.792,8	1.772,0	570,2	10,0	0,0
Subcuenca Arroyo Amboy	10.709,8	2.576,9	849,4	76,0	0,0
Zona de aporte Emb. Arroyo Corto	6.754,1	3.058,9	954,5	25,7	0,0
Zona de aporte Emb. Río Tercero	46.007,8	8.416,8	3.773,2	1.396,1	0,0
Zona de aporte Emb. Cerro Pelado	7.102,7	3.886,1	75,4	0,0	0,0
Zona de aporte Emb. Piedras Moras	13.579,8	4.048,6	1.918,6	836,2	0,0
Zona de aporte Emb. Ing. Realini	12.549,8	1.068,4	517,4	777,7	0,0
Zona de aporte Emb. Casafourth	1.487,9	453,0	303,3	4,4	0,0
Cuenca Media-Baja	674.904,7	14.343,0	5.702,3	2.347,7	0,0

Tabla 2. MUSLE por subcuenca por hectáreas

Sector estudiado	MUSLE (Mg.ha <sup>-1</sup> )			
	217 mm	118 mm	75 mm	18 mm
Subcuenca del Río Santa Rosa	0,151	0,050	0,005	0,000
Subcuenca del Río Grande	0,168	0,014	0,004	0,000
Subcuenca del Río Quillínzo	0,231	0,082	0,045	0,000
Subcuenca del Río De La Cruz	0,208	0,083	0,023	0,000
Subcuenca del Arroyo Soconcho	0,237	0,122	0,062	0,000
Subcuenca Arroyo De Lutti	0,386	0,126	0,010	0,000
Subcuenca Arroyo San Antonio	0,467	0,150	0,009	0,000
Subcuenca Arroyo Amboy	0,241	0,079	0,007	0,000
Zona de aporte Emb. Arroyo Corto	0,005	0,000	0,000	0,000
Zona de aporte Emb. Río Tercero	0,184	0,051	0,020	0,000
Zona de aporte Emb. Cerro Pelado	0,084	0,000	0,000	0,000
Zona de aporte Emb. Piedras Moras	0,570	0,270	0,118	0,000
Zona de aporte Emb. Ing. Realini	0,019	0,008	0,017	0,000
Zona de aporte Emb. Casafourth	0,027	0,009	0,000	0,000
Cuenca Media-Baja	0,018	0,008	0,003	0,000

Estos resultados evidencian que el incremento en la generación de sedimentos depende del aumento en la intensidad de la lluvia, incluso se intensifica cuando los eventos superan los 118 mm, lo cual se ha observado en todas las subcuencas estudiadas.

Para las modelaciones con el evento de 118 mm, los caudales sólidos obtenidos son relativamente medios, pero aun así este evento puede producir inundaciones y desbordes en la parte baja de la cuenca (caudales líquidos) y arrastre de material.

Para el caso de las modelaciones realizadas con el evento de 75 mm, los caudales escurridos y el arrastre de sedimentos es mucho menor, en toda la cuenca, incluso hay sectores donde no se produce erosión hídrica, con valores de toneladas por hectárea próximos a cero.

## Conclusiones

Analizando comparativamente los resultados obtenidos del cálculo de la MUSLE con los caudales determinados con las distintas precipitaciones modeladas, se determinaron niveles de generación de sedimentos, a partir de los cuales puede observarse que el incremento en la generación de sedimentos aumenta con la intensidad de la lluvia, pero no de una forma directamente proporcional, sino que se intensifica cuando los eventos superan los 100 mm. Esto fue observado en todas las subcuencas estudiadas.