

SEDIMENTOS EN EMBALSES – APLICACIÓN DE MODELOS

Santiago Reyna, Teresa Reyna, María Lábaque, César Riha, Silvia Rafaelli

Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención en Recursos Hídricos Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC

E-mail: santiagoreyna@gmail.com; teresamaria.reyna@gmail.com

Introducción

La Provincia de Córdoba se encuentra surcada por numerosos cursos de aguas que circulan entre valles y quebradas; esta situación ha favorecido la construcción sobre sus cauces de numerosos presas y embalses que le han otorgado a la provincia una fisonomía particular y la posibilidad del uso de este recurso para múltiples fines (suministro de agua para consumo, para riego, para producción de energía hidroeléctrica, para recreación, etc.).

Pero este tipo de estructuras poseen una vida útil que depende, en parte, de la velocidad con que pierde su capacidad de almacenamiento por causa del sedimento que las corrientes depositan en él. Establecer el estado actual y la disponibilidad futura de este recurso es fundamental para planificar el desarrollo de esta provincia.

En este trabajo se presenta el estudio realizado para determinar los valores de la degradación específica de las cuencas de aporte a los principales embalses de la Provincia de Córdoba por uno de los métodos para determinar la degradación (Djorovic y Gavrilovic, 1974) y se determina su turquiamiento.

Metodología

La vida útil real de un embalse puede diferir en mucho de la que se da como estimada y depende del criterio que se aplique para definirla.

Para estimar la vida útil es usual considerar que todo el sedimento que genera la cuenca es retenido en el embalse, "eficiencia de atrape" de 100%, lo cual puede no ser efectivo. Es fácil comprender que en un embalse relativamente pequeño (100 hm³ de capacidad, por ejemplo) el volumen de una creciente puede ser varias veces superior a la capacidad del embalse; en este caso, una parte de la descarga sólida pasará directamente por el vertedero.

Existen numerosos métodos para determinar la degradación de las cuencas como son Fournier (1960; 1962), Jansen y Painter (1974), Dendy y Bolton (1976); Djorovic y Gavrilovic (1974).

Se aplicaron los métodos antes citados para la estimación de la degradación específica de las cuencas de aporte a los embalses más significativos de la Provincia.

Al contrastar los resultados obtenidos por el cálculo con datos de algunos de los embalses, se consideró como más representativo el valor obtenido por el método de Djorovic y Gavrilovic. A continuación se presenta una descripción de este método, los valores considerados y los resultados obtenidos.

MÉTODO DE DJOROVIC Y GAVRILOVIC (1974)

Calcula la degradación específica mediante la evaluación de una serie de parámetros, los que establecen como representativos de cada uno de los factores determinantes en el proceso erosivo: precipitación, clima, relieve, suelo y vegetación, incluyendo éste último, un parámetro para estimar la influencia del grado de intensidad que han alcanzado los procesos erosivos presentes en la cuenca y

el tipo de erosión predominante.

De la aplicación del método se obtiene el caudal sólido medio en m³/año como

$$W = T \cdot P \cdot \pi \cdot Z^{3/2} \cdot F \quad [1]$$

Donde T es el factor de temperatura $T = [(tm/10)+1]0,5$, tm es la temperatura media (en °C), P la precipitación media anual (en mm), F la superficie de la cuenca (en km²) y Z el coeficiente que refleja la intensidad y extensión del fenómeno erosivo, que valora la influencia de los factores de suelo, vegetación y relieve.

$$Z = y \cdot x \cdot (\theta + s0,5) \quad [2]$$

Donde y es el coeficiente de erosionabilidad del suelo, x el coeficiente adimensional que cuantifica la vegetación, θ el coeficiente adimensional que cuantifica el estado erosivo y s la pendiente media de la cuenca.

Los valores a asignar a los coeficientes de la ecuación de Djorovic se extraen de tablas, donde los suelos son clasificados y desde 2,0 a 0,5, la cubierta vegetal con x desde 1,0 a 0,4 y el estado erosivo con θ desde 1,0 a 0,2.

PARÁMETROS CONSIDERADOS

La tabla 1. muestra los valores de precipitación media anual, la correspondiente al mes más lluvioso, el área para las cuencas y los valores de temperatura media anual utilizada para los cálculos de la degradación específica de las cuencas de aporte a los principales embalses de la provincia de Córdoba (Reyna et al., 2006).

Tabla 1.- Valores de Precipitación, temperatura y áreas de las cuencas de aporte a los embalses estudiados

Embalse	P mes más lluvioso (mm)	P anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Área cuenca (km ²)
Cruz del Eje	102	596	18	1840
El Cajón	102	594	16	154
Pichanas	86	500	18	1300
La Quebrada	120	700	17	42
La Falda	103	600	15	132
San Roque	120	700	15	1750
Los Molinos 1	145	843	16	978
La Viña	111	650	13	878
Cerro Pelado	129	750	17	970
Arroyo Corto	129	750	17	73
Embalse Río III	129	750	17	1748
Río III 2	129	750	17	215
Piedras Moras	129	750	17	479

Para representar el relieve de las cuencas de aporte se estiman dos parámetros: la diferencia entre la altura máxima y la altura media de la cuenca (H) y la relación relieve (desnivel) / longitud.

Los valores utilizados para el cálculo se presentan a

continuación también se muestran los valores de módulo de aporte a cada uno de los embalses.(tabla 2)

Tabla 2.- Valores de módulos, desniveles y relación desnivel / longitud de los principales cauces de aporte a los embalses estudiados

Embalse	Módulo (m ³ /seg)	Hprinc-Hmedia (m)	Relación relieve long. (m/km)
Cruz del Eje	3,08	340	5
El Cajón	0,44	550	45
Pichanas	1,99	870	6
La Quebrada	0,16	300	41
La Falda	1,00	700	39
San Roque	10,00	1250	31
Los Molinos 1	9,49	1370	33
La Viña	5,80	1360	18
Cerro Pelado	15,03	1050	43
Arroyo Corto	16,16	200	20
Embalse Río III	27,10	470	16
Río III 2	46,59	270	18
Piedras Moras	54,01	220	12
Cipión II	6,20	288	16

Resultados

En la tabla 3 se presentan los valores de tarquinamiento anual para cada embalse expresados en Hm³ (Reyna, 2006). Para la estimación de estos valores se consideró un peso específico del sedimento de 1,1 t/m³. Estos valores fueron verificados con los escasos elementos existentes sobre comparación de volúmenes disponibles a través de batimetrías. Debe hacerse énfasis que toda metodología de cálculo de degradación específica sin posibilidad de calibración debe ser considerada con gran cuidado.

Tabla 3.- Valores de área, degradación específica y tarquinamiento obtenidos para los embalses estudiados

Embalse	Área cuenca (km ²)	Degradación Específica (t/km ² /año)	Tarquinamiento (Hm ³ /año)
Cruz Del Eje	1840	376	0,63
El Cajón	154	503	0,07
Pichanas	1300	321	0,38
La Quebrada	42	592	0,02
La Falda	132	483	0,06
San Roque	1750	538	0,86
Los Molinos 1	978	669	0,59
La Viña	878	435	0,35
Cerro Pelado	970	641	0,57
Arroyo Corto	73	553	0,04
Embalse Río III	1749	534	0,85
Río Tercero N°2	215	544	0,11
Piedras Moras	479	513	0,22

Comentarios y conclusiones

En el cuadro siguiente (tabla 4) se presentan los valores de volumen originales de los embalses, el año de su construcción y, en función de esto, el porcentaje que esta metodología estimaría para el tarquinamiento actual. Por otro lado se estimó el año para el cual ocurriría el 50%, el 75% y el 100% de tarquinamiento de cada embalse.

Tabla 4.- Año de construcción, volumen original y tarquinamiento para los embalses estudiados

Embalse	Año construcc.	Volumen embalse original	Tarquinamiento			
			2005 (%)	50% (año)	75% (año)	100% (año)
Cruz Del Eje	1943	135	28,9	2050	2104	2158
El Cajón	1993	12	7,0	2078	2121	2163
Pichanas	1978	79	13,0	2082	2134	2186
La Quebrada	1976	4	16,4	2064	2109	2153
La Falda	1980	1	144,9	1989	1993	1997
San Roque	1944	350	14,9	2149	2251	2353
Los Molinos 1	1953	399	7,7	2289	2456	2624
La Viña	1944	242	8,8	2292	2466	2641
Cerro Pelado	1985	371	3,0	2313	2477	2641
Arroyo Corto	1985	30	2,4	2396	2602	2807
Embalse Río III	1936	735	8,0	2369	2585	2801
Río Tercero N° 2	1967	26	15,5	2089	2150	2211
Piedras Moras	1979	89	6,5	2178	2278	2378

En el caso particular del embalse La Falda, se observa que, de acuerdo a los valores calculados, se ha producido a la actualidad el tarquinamiento total del embalse (lo que verifica con la realidad constatada en el lugar). Esto significa, que ya no se “atrapan” sedimentos en él, sino que pasan por encima de la presa.

Los valores estimados para fecha de tarquinamiento total son solamente a título ilustrativo. Suponen que la cuenca se mantiene en las mismas condiciones (cosa que poco probablemente ocurra) y consideran, se planteó, sólo algunos pocos parámetros representativos. Estos cálculos llevan a considerar como vasos a cuidar especialmente a los de Cruz del Eje, Pichanas, El Cajón y La Quebrada.

Referencias Bibliográficas

- Dendy F.E. and Bolton G.C.** (1976). Sedimen yield-drainage area relationships in the United Stated. *Journal of Soil and Water Conservation*. Vol 31(6).
- Djorovic M. Gravilovic** (1974). Quantitative classification of torrent waterways. Institute for Forestry and Wood Industry (referido en MOPU 1985)
- Fournier F.** (1960). Climat et erosion. *De Presses Universitaire de France. Paris*
- Fournier F.** (1962) *Conservación de Suelos. Consejo de Europa.*
- Jansen J. and Painter R.** (1974). Predicting sediment yield from climate and topography. *Journal of Hydrology*, 21(4). Pg. 371-380.
- Reyna, S; Reyna, T.; Reyna E., Lábaque M.** (2006) *Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de Córdoba*. I Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua Córdoba.