

Erosión y aterramiento de embalses

SITUACION EN ESPAÑA

Por: R. de Antonio*; J. Almorox*; A. Saa*; J.P. Rueda**

INTRODUCCION

La producción agrícola, más concretamente los cultivos leñosos y herbáceos de secano, originan, según los estudios de D.Soto (1990), un 72% de la erosión que se produce en nuestro país. Nadie mejor que el agricultor para conocer la importancia del suelo y del agua, pero la realidad refleja que paradójicamente en la mayoría de nuestras explotaciones agrícolas no consideramos el suelo en su auténtico valor, económico y ecológico. Muchas medidas de conservación de suelos resultan sencillas y económicas, y sus ventajas a medio y largo plazo compensarían su aplicación (pongamos como ejemplo el laboreo a nivel o el cultivo en fajas a nivel).

En nuestro descargo, debemos decir que también los agricultores somos los creadores en muchos casos, de faraónicas obras de conservación de suelos que día a día y piedra a piedra, permitieron y permiten retener la tierra en terrazas y bancales y las aguas en sus cauces. Además, no es nuestra toda la culpa ni mucho menos, ahí están las obras públicas, la minería, los incendios forestales, el abandono del campo.

Pero reconozcamos nuestra implicación y la próxima vez que con el arado tapemos los arroyos que dejó la tormenta, tratemos de evaluar el espesor de suelo superficial que se nos ha ido con su correspondiente materia orgánica, fertilizante, herbicida, etc... y cuestionémonos a donde llegará ese suelo y que daños puede causar.

Sigamos a nuestra tierra en su largo



Alcázar de San Juan-Tomelloso. Efecto de la erosión eólica (deposición) sobre cultivo de viñedo. Destaca al fondo la formación de una pequeña duna.

viaje y veamos como aportamos nuestro grano de arena para complicar la delicada situación de nuestros recursos hídricos.

PROBLEMATICA DEL ATERRAMIENTO DE EMBALSES

Los cursos de agua, erosionan a su vez y transportan materiales previamente erosionados, que se depositan cuando la disminución de la velocidad del agua es tal que no permite mantenerlos en suspensión o acarreo. La construcción de un embalse modifica en un tramo más o menos largo las características hidráulicas de una corriente. La presa, establece unas nuevas

condiciones de equilibrio que entre otros efectos, provoca una reducción de la velocidad de las aguas con la consiguiente deposición de parte de los materiales transportados.

Esta sedimentación, plantea como problema más directo, la disminución progresiva de la capacidad del embalse, actuando a su vez como un claro indicador del proceso de degradación de los suelos situados aguas arriba. Otros efectos provocados por el acarreo y depósito de materiales no son tan evidentes, pero pueden dar lugar a problemas ambientales como la contaminación por los productos químicos adsorbidos en los sedimentos, la variación en el contenido de oxígeno disuelto, el recubrimiento de zonas de reproducción y alimentación de fauna acuícola, la extensión de la sedimentación aguas arriba o la modificación del lecho del cauce aguas abajo.

El interés por el conocimiento del proceso resulta por tanto doble, en su vertiente estratégica y ambiental, pues como resultado de la pérdida irreversible del recurso suelo se incide sobre la disponibilidad cuantitativa y cualitativa del recurso agua.

Desde una perspectiva de conservación de suelos, el conocimiento del volumen de sedimentos aportado, ligado al reconocimiento sedimentológico de los mismos, nos proporciona un método de evaluación de la erosión hídrica en cuencas, que suministra valores reales de pérdida de suelo.

BATIMETRIAS

Para cuantificar la colmatación de los embalses, es preciso conocer la configuración topográfica del vaso, de modo que a partir de ella podamos establecer la capacidad actual de embalse y compararla

(*) Dr. Ingeniero Agrónomo. Dpto. Edafología. E.T.S.I.Agrónomos de Madrid.

(**) Ingeniero Agrónomo. Ayuntamiento de Almería.

COLABORACIONES TECNICAS



Entrepeñas. Carretera Burón-Prensa.

con la que disponía inicialmente cuando se puso en carga.

Debido a que en la mayoría de los casos no es posible efectuar un levantamiento topográfico por la existencia de una masa de agua, se recurre a la técnica denominada «batimetría» o «reconocimiento batimétrico». Técnica, que basada en el empleo de ecosondas, consiste en realizar una serie de perfiles transversales al eje longitudinal del embalse, de modo que la sonda referenciada con respecto a una estación total situada en la orilla, nos vaya marcando la profundidad en cada punto.

Corrigiendo los perfiles transversales así obtenidos y completando el trabajo con el resultado de un levantamiento topográfico normal en las áreas no inundadas, se obtiene la cartografía actual del vaso y a partir de ella la capacidad actual de embalse.

EMBALSES ESTUDIADOS

Los primeros trabajos que se efectuaron en nuestro país para conocer los volúmenes de sedimentos depositados, tuvieron lugar en las presas de Bornos (Guadalete), de Los Hurones (Majaceite) y Torre del Aguila (Salado de Morón) durante la primera mitad de la década de los sesenta. Consistían en laboriosos sondeos directos en los que se empleaban largos cables de acero para definir los perfiles del vaso. Desde una plataforma flotante, con pesas y cables de acero, y en intervalos de 10 metros de separación se iba midiendo la profundidad. Con esos datos de campo se trazaban los planos de planta y sección de cada perfil, que se utilizaban para cubicar la capacidad del embalse.

En 1966, el Centro de Estudios Hidrográficos del antiguo MOP adquirió un equipo de ecosonda batimétrica. Desde entonces,

por encargo de la Dirección General de Obras Hidráulicas del M.O.P.T., el Centro de Estudios Hidrográficos, perteneciente al Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), viene realizando un plan sistemático de reconocimientos batimétricos. En la tabla 1 se enumeran los embalses en los que se realizaron batimetrías durante el período 1980-1990 y en los que se ha redactado el correspondiente informe técnico (un total de 31 si bien en dos de ellos faltan datos).

RESULTADOS DE LAS BATIMETRÍAS

Conociendo la capacidad actual del embalse (V_a) deducida de la batimetría y la capacidad inicial (V_i), el volumen de sólidos retenidos por la presa (V_r) se obtendrá por la diferencia de los dos anteriores. El cociente V_r/V_i , expresado en porcentaje, nos indica la pérdida de capacidad del embalse con relación al volumen inicial.

Si bien la colmatación de un embalse, sigue una exponencial decreciente que tiende asintóticamente a cero, puesto que la capacidad del vaso se reduce anualmente, la aportación líquida media anual es constante para retornos grandes y la

TABLA 1 - BATIMETRÍAS EN EMBALSES ESPAÑOLES (1980-1990)

Nombre Presa	Cuenca	Río	Fecha Cons.	Fecha Batim.
AGUEDA	DUERO	AGUEDA	1931	1980
BURGOMILLODO	DUERO	DURATON	1953	1989
BARRIOS DE LUNA	DUERO	ORBIGO-LUNA	1956	1985
SANTA TERESA	DUERO	TORMES	1960	1989
MONEVA	EBRO	AGUAS VIVAS	1929	1984
YESA	EBRO	ARAGON	1960	1986
SOTONERA	EBRO	ASTON	1961	1986
BARASONA	EBRO	ESERA	1932	1986
TALARN-TREMP	EBRO	NOGUERA PALLARES	1916	1990
PENA	EBRO	PENA	1930	1989
OLIANA	EBRO	SEGRE	1959	1985
CUBILLAS	GUADALQUIVIR	CUBILLAS	1956	1990
BORNOS	GUADALQUIVIR	GUADALETE	1961	1990
TRANCO DE BEAS	GUADALQUIVIR	GUADALQUIVIR	1945	1990
CALA	GUADALQUIVIR	RIVERA DE CALA	1927	1984
GERGAL	GUADALQUIVIR	RIVERA DE HUELVA	1979	1985
MINILLA	GUADALQUIVIR	RIVERA DE HUELVA	1956	1984
VALUENGO	GUADIANA	ARDILA	1959	1985
PEÑA DEL AGUILA	GUADIANA	ZAPATON	1892	1985
GUADALEST	JUCAR	BENIARDA	1967	1989
FORATA	JUCAR	MAGRO	1969	1983
VALDEINFIERNO	SEGURA	CARMEL	1897	1984
LA CIERVA	SEGURA	MUNDO	1929	1985
CAMARILLAS	SEGURA	MUNDO	1960	1983
TALAVE	SEGURA	MUNDO	1918	1983
ALFONSO XIII	SEGURA	QUIPAR	1916	1985
PUNTES	SEGURA	LUCHENA	1884	1985
CENAJO	SEGURA	SEGURA	1960	1984
GABRIEL Y GALAN	TAJO	ALAGON	1961	1990
CAZALEGAS	TAJO	ALBERCHE	1949	1990
BORBOLLON	TAJO	ARRAGO	1954	1990

sedimentación media anual disminuye debido a que cada año se vierte más volumen por el aliviadero; la vida probable de un embalse se suele estimar linealmente multiplicando por cien el resultado del cociente entre el número de años transcurridos desde la puesta en carga hasta la fecha de batimetría y la pérdida de capacidad expresada en porcentaje.

Conociendo la densidad media de los sedimentos, el valor de V_r , la superficie de la cuenca y los años transcurridos desde la puesta en carga de la presa, suponiendo uniforme la aportación sólida de toda la cuenca vertiente a lo largo del tiempo podemos obtener lo que se conoce como «degradación específica de una cuenca» (D.E.). Normalmente se expresa en $t \cdot km^{-2} \cdot año^{-1}$.

En realidad, no todos los sedimentos que llegan quedan retenidos por la presa, parte de ellos se perderán por los aliviaderos. Para estimar el porcentaje de sólidos atrapados, se aplica la fórmula del coeficiente de retención de Brown:

$$Cr = 100 \cdot [1 - \{1 / (1 + K \cdot V_m / S)\}]$$

Cr: Coeficiente de retención de Brown en %.

V_m : Capacidad del embalse medio en millares de metros cúbicos = $(V_a + V_i) / 2$

K: 0,21 (tipo II)

S: Superficie de la cuenca

Llamando D.E'. al producto de la aportación sólida media anual al embalse por la densidad de los sedimentos, dividido por la superficie de la cuenca, para obtener la degradación específica mayoramos el valor de D.E'. según el coeficiente de retención:

$$D.E. = D.E' \cdot [1 + (1 - Cr / 100)]$$

Los resultados de estas operaciones aplicados a los reconocimientos batimétricos del periodo 1980-1990 se resumen en la tabla 2.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los datos deben tomarse con la debida consideración en el sentido de que se han evaluado las 29 batimetrías efectuadas en la década 1980-1990, cuando en realidad disponemos de unos 800 embalses y además se desconocen los criterios por los que se seleccionaron esos 29. Sin embargo, resulta representativo destacar los siguientes aspectos:

El porcentaje medio anual de pérdida de capacidad en los embalses analizados es de 0,37 con un máximo de un 0,85% en el embalse de Guadalest (cuenca del Júcar) y un mínimo de 0,006% en Cala (Gua-

dalquivir) y Peña del Aguila (Guadiana).

Desde la puesta en explotación hasta la fecha de realización de la correspondiente batimetría, han perdido más del 30% de su capacidad los embalses de: Agueda, Valdeinfierno, Talave, Alfonso XIII, Puentes y Cazalegas.

Han visto reducida entre un 15% y un 30% de su capacidad los embalses de: Burgomillodo, Moneva, Barasona, Talam-Tremp, Pena, Oliana, Guadalest y La Cierva.

Los valores degradación específica oscilan entre $0,89 t \cdot km^{-2} \cdot año^{-1}$ (Peña del Aguila (Guadiana)) y $2671,47 t \cdot km^{-2} \cdot año^{-1}$ (Guadalest (Júcar)) con un valor medio de $378 t \cdot km^{-2} \cdot año^{-1}$. Las degradaciones específicas de mayor cuantía corresponden a las cuencas de los embalses de Guadalest (Júcar), Pena (Ebro), y Cenajo (Segura).

CONCLUSIONES

A largo plazo no podrá evitarse el aterramiento de algunos embalses, salvo que se empleen costosas medidas de corrección. El aterramiento va a colmar muchos embalses sin que estos puedan ser regenerados económicamente, con el agravante de que la situación a posteriori será peor que antes de su construcción pues al reducirse la capacidad de laminación y faltar capacidad de embalse, los aliviaderos pueden encontrarse subdimensionados en caso de producirse avenidas máximas.

A la escasez de recursos hídricos en nuestro país y a los problemas en la calidad y distribución de esos recursos que sufrimos históricamente, debemos añadirle las consecuencias del desinterés por la

TABLA 2 - DATOS BATIMÉTRICOS

NOMBRE PRESA	$(V_r/V_i) \cdot 100$ (%)	D.E'. ($t/km^2 \cdot año$)	Cr (%)	D.E. ($t/km^2 \cdot año$)
AGUEDA	30.00	202.0	83.09	236.21
BURGOMILLODO	17.26	122.1	78.26	148.67
BARRIOS DE LUNA	ERROR INICIAL DE CUBICACION			
SANTA TERESA	2.70	258.0	98.24	262.52
MONEVA	20.00	92.8	80.08	111.33
YESA	4.39	404.3	97.92	412.73
SOTONERA	3.93	138.1	94.24	146.06
BARASONA	15.96	152.1	90.15	167.13
TALARN-TREMP	26.97	570.8	96.51	590.71
PENA	16.45	1218.5	98.49	1236.85
OLIANA	15.05	246.1	87.92	275.80
CUBILLAS	10.77	97.3	84.99	111.87
BORNOS	6.87	412.1	97.01	424.47
TRANCO DE BEAS	0.73	171.1	99.48	172.01
CALA	0.39	9.1	95.85	9.40
GERGAL	3.50	138.4	81.06	164.60
MINILLA	6.07	153.2	92.68	164.38
VALUENGO	10.55	75.5	76.22	93.41
PEÑA DEL AGUILA	0.61	0.7	62.41	0.89
GUADALEST	18.80	2620.8	98.07	2671.47
FORATA	4.64	108.1	88.36	120.74
VALDEINFIERNO	49.40	473.9	92.71	508.41
LA CIERVA	25.71	230.2	89.14	255.14
CAMARILLAS	10.40	112.8	83.24	131.74
TALAVE	39.45	546.4	92.45	587.66
ALFONSO XIII	43.30	308.7	89.02	342.63
PUENTES	59.27	177.1	81.22	210.40
CENAJO	7.00	1065.3	98.57	1080.56
GABRIEL Y GALAN	1.41	250.5	99.05	252.85
CAZALEGAS	36.36	53.1	49.99	79.73
BORBOLLON	0.00	0.0	98.25	0.00

V_r = Volumen de sólidos retenidos desde la puesta en carga
 $V_r = V_i - V_a$
 V_i = Capacidad inicial del embalse
 V_a = Capacidad actual del embalse
D.E'. = Degradación específica ($t \cdot km^{-2} \cdot año$), sin considerar los sedimentos que escapan.
D.E'. = $(V_r \cdot d) / (n \cdot años \cdot Superficie)$
d = densidad del sedimento
Cr = Coeficiente de retención de Brown en %. $Cr = 100 \cdot [1 - \{1 / (1 + K \cdot V_m / S)\}]$
 V_m = Capacidad del embalse medio en millares de metros cúbicos = $(V_a + V_i) / 2$
K = 0,21 (tipo II)
S = Superficie de la cuenca
D.E. = Degradación específica ($t/km^2 \cdot año$). D.E. = $D.E' \cdot [1 + (1 - Cr / 100)]$



*Erosión en terrenos agrícolas.
Aumentación en las vaguadas de materiales erosionados.*

conservación de nuestros suelos, con lo que no sólo tenemos poca agua, sino menos de la que creemos y además año a año la situación empeora.

Sin embargo, existen soluciones. Así, la aplicación rigurosa de una política de planificación hidrológico-forestal y el mantenimiento y control de ese tipo de medidas habrían evitado de forma preventiva la

mayoría de los problemas que empezamos a sufrir. Fomentemos hoy una agricultura más respetuosa con el suelo pero apoyando al agricultor, no imponiendo, pues toda la sociedad saldrá beneficiada. Establezcamos planes integrales de conservación de suelos que resulten viables, ayudando al agricultor decidido a afrontarlos. Repoblemos de forma respetuosa los

terrenos marginales e incultos antes que promover el abandono y la forestación de terrenos agrícolas más productivos. Conservemos y cuidemos lo bueno que nos queda limpiando nuestros montes e indagando en las causas de fondo de los incendios forestales. Simplifiquemos el acceso del agricultor o silvicultor a las ayudas institucionales reduciendo la burocracia y haciendo más accesible la información. Trabajemos más los técnicos en el campo y por el campo. Pongamos en definitiva todos en nuestro sitio un poco más de voluntad y todos saldremos garando.

BIBLIOGRAFIA

- LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. y BLANCO CRIADO, M. 1968. Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y sedimentación de materiales. Ins. Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 187 pp.
- MOPU. 1985. Metodología para la Evaluación de la Erosión Hídrica. Dirección General del Medio Ambiente.
- MOPU. Reconocimiento batimétrico del embalse de ... Centro de Estudios Hidrográficos. Dirección General de Obras Hidráulicas.
- LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. y MINGUI AGUIRRE, J.A. 1976. Inventario de las cuencas alimentadoras de los embalses de las grandes presas españolas. Sección de Hidrología del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA).
- SOTO, D. 1990. Aproximación a la medida de la erosión y medios para reducir esta en la España peninsular. Revista Ecología, fuera de serie Nº1. ICONA. 1990. p. 169-196.

AVISO A LOS SUSCRIPTORES

Nos permitimos recordar a nuestros distinguidos suscriptores que no tienen domiciliado el pago en una entidad bancaria, que con el número de enero se inició para muchos de ellos un nuevo período de suscripción.

La Administración de esta Revista les agradecería tengan la amabilidad de remitirnos el importe de la misma, por un valor de 5.500 pesetas, utilizando cualquiera de los procedimientos que se indican a continuación:

- a) Transferencia bancaria a la c/c que esta EDITORIAL AGRICOLA ESPAÑOLA, S.A., tiene abierta en el Banco Español de Crédito (oficina principal de Madrid) núm. 73.142/271. c.c.c. = 0030 - 1001 - 39 - 0073142271 ó Caja de Madrid (Gran Vía, 15) núm. 60270557. c.c.c. = 2038 - 1170 - 39 - 6000270557
- b) Giro postal al domicilio de esta EDITORIAL AGRICOLA ESPAÑOLA, S.A., Caballero de Gracia, 24-3º izquierda. 28013 Madrid.
- c) Talón bancario.