



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-283

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evolución del bosque de ribera del río Guadalix en su tramo regulado por el Embalse de Pedrezuela

GARCÍA DE JALÓN, D.¹, MAROTO DE MERCADO, J. y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, V.¹

¹ Grupo Hidrobiología, Escuela de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

Este trabajo expone la dinámica de un bosque ripario afectado por la regulación de un gran embalse y cómo ha influido la implementación del caudal ecológico en la disposición espacial de las especies leñosas.

El estudio de la evolución de las dimensiones del corredor ripario en el tiempo se ha realizado mediante el análisis diacrónico de las ortofotos disponibles (1956, 1975, 1991, 2009 y 2014). Dado que la presa empezó a funcionar en 1968, se dispone de las condiciones de referencia del corredor (antes del cierre de la presa) y en condiciones alteradas (después).

Los resultados muestran que el corredor ripario ha aumentado notablemente su superficie, pasando de un 3,7% en el año de referencia a ocupar un 84,5 % de la superficie potencial de corredor. Se distinguen tres tipos de evolución del corredor ripario: a) Tramos que carecen de corredor ripario hasta 1991, y presentan en 2009 un brusco incremento medio del 80%; b) Tramos con presencia de corredor ripario ya en el año 1956 (26% de la superficie) y que progresivamente va aumentando tomando un valor del 75% en 1975, 80% en 1991 y hasta el 91% en 2009 y 2014; c) Tramos que en 1956 no presentan corredor y éste aparece de forma progresiva a partir de 1975.

Palabras clave

Corredor ripario, bosque de ribera, Guadalix, colonización, embalse.

1. Introducción

En ríos regulados los hábitats riparios han sido frecuentemente relegados a estrechos corredores y la regeneración de vegetación riparia, dependiente de la perturbación ligada a las avenidas, se ha visto impedida (González et al., 2010; Martínez-Fernández et al., 2017). Poff y Zimmerman (2010) en una revisión bibliográfica sobre los efectos de la regulación de caudales encontraron como respuesta a la reducción de caudales la invasión de vegetación en el cauce aumentando las especies de carácter más terrestre, así como la cobertura herbácea en el sotobosque de ribera. Williams & Wolman (1984), en el oeste semiárido de EE.UU., mostraron que la superficie cubierta por vegetación aumentó tras el cierre de la presa en la mayoría de los casos. El crecimiento de la vegetación leñosa, principalmente *Salix* sp. y *Tamarix* sp., se produjo a lo largo de los bancos laterales de gravas, y dentro del antiguo cauce dejando un único canal mucho más estrecho por el que circula el caudal reducido post-presa, así como en las islas que separan los canales estrechos. Tras la regulación hidroeléctrica del río Fortun (SW Noruega), los bancos de gravas y los cauces secundarios que existían previos a la presa (1963) en el tramo aguas abajo se cubrieron de vegetación entre 1964 y 1984 (Fergus 1997). La falta de inundaciones periódicas aguas abajo de las presas en el río Kootenay dio lugar al desarrollo de vegetación terrestre, intolerante a la inundación en la ribera (Polzin & Rood, 2000); lo cual contrasta notablemente con las amplias riberas libres de vegetación en los tramos no regulados.

En el Río Green (EE.UU.), se constató la drástica disminución de la anchura del cauce, pasando de 1200 m aproximadamente a 46 m en 5 años tras el cierre de la presa, asociada con el establecimiento de vegetación arbórea (Schumm, 1969). Otros efectos encontrados en este caso han sido por ejemplo en el reclutamiento de la vegetación leñosa en tramos de cañones y en valles abiertos (Cooper et al. 2003). En un entorno confinado de cañones, el régimen regulado imita condiciones de sequía, acelerando la invasión de *Tamarix* sp. mientras que en los valles abiertos se produce un ajuste geomórfico de los cauces que, en combinación con la reducción de la variabilidad

de caudales, dificulta el regenerado de *Populus* sp. En Portugal, Aguiar & Ferreira (2005) encontraron que la regulación en el río Zezere ha ocasionado en los tramos aguas abajo masas continuas de vegetación leñosa en la ribera que están dominadas por los invasores exóticos, especialmente *Acacia dealbata*.

Del mismo modo, en España en el bajo Ebro, aguas abajo de la presa de Flix, Batalla et al. (2006) encontraron que una reducción del 25% de las avenidas ocasionó un 30 % de cobertura de *Alnus glutinosa* y *Tamarix canariensis* en las barras previamente desnudas. Así mismo, González et al. (2010) observaron en el tramo medio del Ebro que la vegetación pionera (*Salix alba*, *Populus nigra* y *Tamarix* sp.) se reducía en un 37% mientras la vegetación madura envejecida (incluyendo *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus minor* y *Populus alba*) duplicaban su superficie tras intensificarse la regulación de caudales. En el tramo bajo del río Guadalete regulado por tres embalses, González del Tánago et al. (2015) encontraron un aumento de la cobertura de vegetación leñosa madura en el cauce, pasando del 15 % al 70 %, y con predominio de *Eucalyptus camaldulensis*. En los ríos Esla y Porma, con ausencia total de vegetación leñosa madura antes de la construcción de las presas en 1988 y 1967 respectivamente, Martínez-Fernández et al. (2017) describen como ésta llega a ocupar el 75 y el 50% de la ribera, respectivamente. En consecuencia, existe un patrón generalizado del comportamiento de la vegetación leñosa en los tramos aguas abajo de los embalses, consistente en un estrechamiento del cauce activo seguido por invasión y gran desarrollo de esta vegetación.

Sin embargo, no todos los ríos regulados tienen esa misma respuesta de gran desarrollo de vegetación. En el río Kurobe (Japón), Ashaeda & Rashid (2012) encontraron menos de un 5% de cobertura vegetal en un tramo regulado por 5 presas consecutivas durante décadas. Sin embargo, tras realizar sueltas de sedimentos desde la presa (1991), la vegetación se desarrolló hasta cubrir el 70%. La vegetación herbácea se desarrolló donde el espesor de arenas era mayor, mientras que la vegetación superior era controlada por el aumento de Nitrógeno total. Los autores sugieren que la falta de nitrógeno fue el factor limitante del crecimiento de las plantas. Tras la liberación de sedimentos, el nitrógeno ya no era un factor limitante, lo que favoreció el crecimiento de la vegetación leñosa. Entre 1950 y 1970, los ríos de montaña y piedemonte del SE de Francia experimentaron un estrechamiento acelerado de sus cauces (Liébault & Piégay, 2002), directamente relacionado con el desarrollo de vegetación forestal en los márgenes de los ríos y el abandono de cultivos en sus llanuras de inundación.

Petts & Gurnell (2013) proponen un modelo sobre las posibles respuestas de un cauce a la regulación de caudales y a la pérdida de carga de sedimentos causados por las presas. El modelo atiende a la carga sólida que se libera y a los aportes de los afluentes en comparación con la resistencia a la erosión del lecho y las orillas del cauce y el crecimiento de la vegetación. Aguas abajo de grandes presas en el ámbito mediterráneo, se dan crecimientos rápidos de la vegetación riparia, pues el agua y la humedad edáfica no escasean. Y en estas condiciones, Petts & Gurnell (2013) predicen, o bien cambios lentos progresivos en condiciones de escasez de sedimentos, o bien tasas rápidas de disminución del cauce en condiciones de exceso de carga de sedimentos. En ambos casos, la vegetación de ribera invade la superficie que el cauce activo abandona. Una vez establecida, esta vegetación juega un papel importante estabilizando sedimentos y atrapando finos que las sucesivas avenidas depositan.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es profundizar en el conocimiento de la invasión y desarrollo de la vegetación de ribera en un río mediterráneo (río Guadalix) sometido a la regulación de un gran embalse. Se pretende aportar datos cuantitativos en relación a las tasas de expansión de la vegetación, así como entender los procesos en que se basa esta invasión y determinar los factores que la regulan.

3. Metodología

3.1. Descripción del tramo fluvial

El tramo estudiado del río Guadalix (Cuenca del Tajo) presenta una regulación del régimen de caudales por el Embalse de Pedrezuela, también conocido como El Vellón, y dedicado al abastecimiento de agua a Madrid. Con una capacidad de embalse de 41 Hm³ y una aportación media anual de 67 Hm³, su intensidad de regulación es del 61 %. Se trata de un embalse estratificado monomítico, con una profundidad máxima de 52 m. Este tramo se divide en dos segmentos claramente diferenciados (figura 1): la primera parte en la que el cauce se encuentra constreñido por las laderas montañosas y la parte más baja en la que el río discurre por una llanura abierta hasta entrar en el valle del Río Jarama atravesando sus terrazas fluviales. Analizando su perfil longitudinal (figura 2), se observa que el tramo encajonado presenta pendientes alternas, pasando de una pendiente del 1% durando 4 km, a continuación, aumenta hasta 3%, y vuelve a disminuir para volver a aumentar al entrar en el piedemonte. El tramo bajo presenta el perfil típico cóncavo de un río de piedemonte entrando en la llanura (las pendientes disminuyen de 0,6 % a 0,2 %).

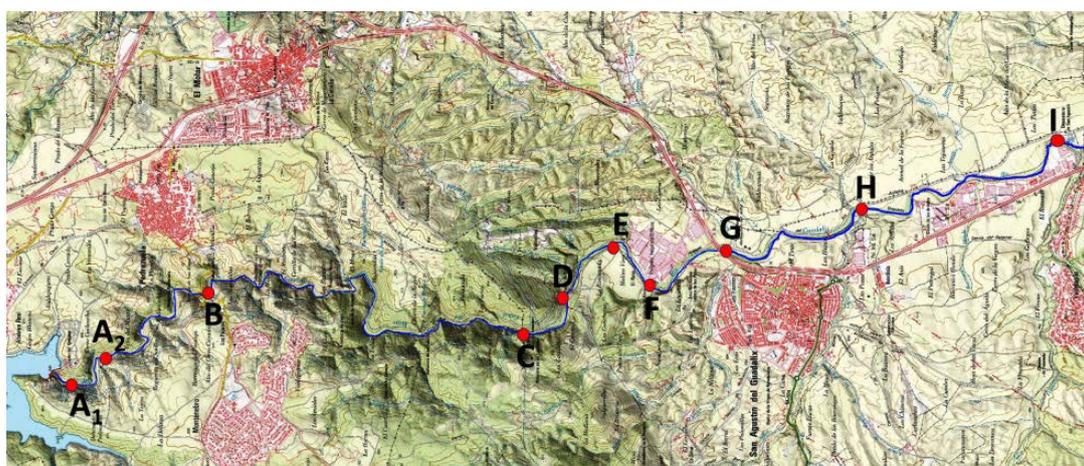


Figura 1.- Mapa del tramo de río Guadalix estudiado, señalando los tramos donde se analizó la vegetación de ribera.

La vegetación del río Guadalix en el tramo aguas abajo del embalse de Pedrezuela fue analizada por Lara et al. (1996) distinguiendo dos tipos de vegetación. El primer tipo ubicada en el tramo en que el río discurre encajonado corresponde a una Aliseda Oligotrófica (1ª banda) y Fresneda Mesomediterránea Silicícola (2ª banda). El segundo ubicado cuando el río entra en un valle abierto corresponde a una Aliseda Mesótrofa (1ª banda) y Fresneda Mesomediterránea variante Calcícola (2ª banda).

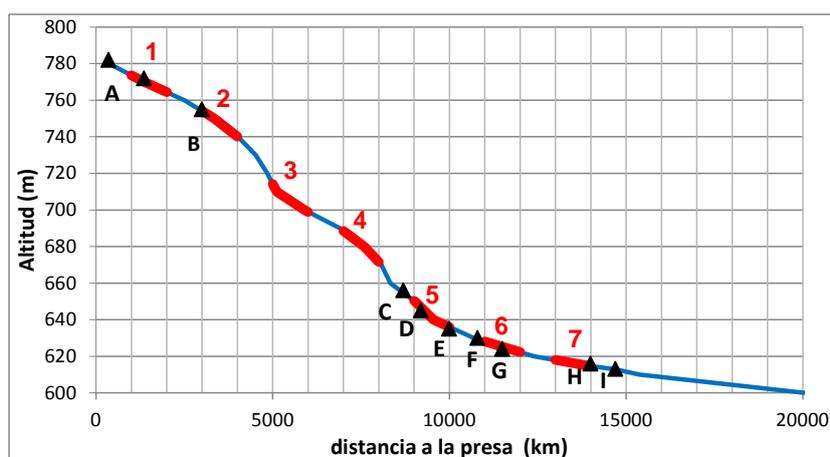


Figura 2.- Perfil longitudinal del tramo estudiado del río Guadalix, donde se señalan los puntos visitados (triángulos) para el análisis del estado de la vegetación de ribera, y los tramos de 1 kilómetro (tramos gruesos en rojo) donde se cuantificó la evolución temporal de dicha vegetación.

3.2. Análisis de cambios en el régimen de caudales

Se utilizaron los caudales medios diarios de las estaciones de aforos de la red hidrográfica nacional (<http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/default.asp>) tanto del Embalse (3157) como del tramo de aguas abajo en Pesadilla (3054), y de las corrientes que vierten al embalse: Guadalix (3048), Gargüera (3047) y Albalá (3046). A partir de estos datos se definieron los caudales máximos anuales sus periodos de retorno, los estiajes y los regímenes de caudales diarios.

3.2. Vegetación de ribera actual

La descripción del estado de la vegetación de ribera actual y su disposición espacial en el tramo del río Guadalix se caracterizó mediante un muestreo de campo a lo largo de los 10 km de río que transcurren entre la presa de Pedrezuela y la EDAR de San Agustín de Guadalix. En el muestreo, realizado el 7 de mayo de 2015, se visitaron un total de 10 estaciones de muestreo a lo largo del Río Guadalix (figura 1). Siete de ellas (A1, A2, B, C, D, E, F) en el tramo de río encajonado y tres en tramo de valle abierto (G, H, I). Las estaciones de muestreo comprendían al menos 100 m de cauce en su eje longitudinal, incluyendo ambas márgenes. Se analizó la composición de la comunidad detallando las especies leñosas, así como su disposición y abundancia en el corredor, con objeto de describir la estructura vertical y lateral. Así mismo se midieron los diámetros normales de los árboles (a la altura 1,3 m).

3.3. Evolución del corredor

Para analizar la evolución del corredor ripario en el tiempo se ha realizado un análisis diacrónico de las ortofotos disponibles (1956, 1975, 1991, 2009 y 2014), como es frecuente en el análisis de los cambios geomorfológicos y del corredor ripario en ríos (Batalla et al., 2006, Martínez-Fernández et al., 2017; Picco et al., 2016). Dado que el cierre de la presa tuvo lugar en el año 1968, el análisis de estas fotos nos permitirá analizar las condiciones del corredor ripario en condiciones naturales (antes del cierre de la presa) y en condiciones alteradas (después del cierre). En primer lugar, se digitalizó la superficie ocupada por el corredor ripario en 7 tramos de 1 km de longitud distanciados 1 km en todas las fotografías aéreas disponibles (figura 1). A continuación, se calculó el porcentaje de superficie ocupado por el corredor ripario en cada una de las ortofotos (1975, 1991, 2009, 2014) tomando como referencia la superficie del cauce activo de la foto de 1956.

4. Resultados

La vegetación de ribera actual del tramo aguas abajo del Embalse de Pedrezuela está compuesta por alisedas, fresnedas y saucedas (tabla 1). En el tramo encajonado donde falta la perturbación encontramos una aliseda madura, cuyo dosel sombrea la lámina de agua (A2, B, C, E y F), mientras que cuando hay espacio aparece una segunda banda dominada por fresnos. En el tramo de valle más abierto (I, H y G) la vegetación de ribera muestra mayores afecciones antrópicas y su composición corresponde a saucedas arbóreas, fresnedas y alamedas, pero muy afectadas por especies introducidas como *Ulmus pumila* y *Populus x euramericana* (chopos de plantación).

Tabla 1. Composición, abundancia y características de la vegetación de ribera de las principales especies leñosas del río Guadalix en los tramos aguas debajo de la presa de Pedrezuela.

	Tramo alto			Tramo medio				Tramo bajo		
	A1	A2	B	C	D	E	F	G	H	I
Altitud (m)	781	773	756	658	648	635	629	624	616	613
Pendiente del cauce (%)	1	0.9	1.2	1.5	1.8	0.9	0.6	0.6	0.3	0.3
Anchura de corredor (m)	11.0	19.5	24.6	41.0	43.1	43.1	40.0	31.4	40.3	34.0
Diámetro dominante (cm)	12	22	19.5	39.5	23	25	39	28	22	23
Altura dominante (m)	8	16	18	25	15	16	16	25	17	18
Especies										
<i>Salix fragilis</i>								1	1	2
<i>Salix salvifolia</i>	2			1	1	1	1		1	+
<i>Salix atrocinerea</i>			1	1		1			+	
<i>Populus x euramericana</i>								2	+	
<i>Populus nigra</i>			1						2	1
<i>Populus alba</i>									1	
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	2	2	2	1	2	2	1	3	+
<i>Alnus glutinosa</i>		3	3	3	2	3	3	1	+	
<i>Ulmus minor</i>						1			+	1
<i>Ulmus pumila</i>								2		
<i>Crataegus monogyna</i>		1							+	+
<i>Sambucus nigra</i>				1		1	1			
<i>Ficus carica</i>						1	1			

4.1. Cambios en el régimen de Caudales

La existencia de grandes avenidas previas al embalse, que a partir de su construcción fueran laminadas es una hipótesis muy plausible. Sin embargo, una vez más se tiene el problema de la falta de datos, pues la primera estación de aforos en el río Guadalix empieza a registrar datos en 1968 coincidiendo con el comienzo del funcionamiento del embalse. Sin embargo, considerando los datos de salidas de caudales diarios del embalse y los datos del agua embalsada diarios (de que se disponen) se pueden estimar los caudales que diariamente entran al embalse. Esta estimación tiene algún error, asociado a pérdida por evaporación y falta de precisión en la medición de los cambios de nivel del embalse (especialmente cuando está lleno, y se sueltan caudales pequeños). En épocas de avenidas, otoño-invierno, podemos suponer que estos errores son menores. En la figura 3a se representa una comparación de los caudales máximos diarios de entrada y de salida al Embalse de Pedrezuela a lo largo de los años, junto a sus periodos de retorno (figura 3b), presentando ambos una clara tendencia a disminuir. Las diferencias son pequeñas, salvo para caudales mayores de $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. La media de la serie de caudales máximos de entrada está en torno a $28 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, mientras que los de salida corresponden a $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, lo que representa una reducción de casi un 30 %. Por tanto, se puede deducir que el embalse ha laminado avenidas (alrededor del 30%), y además se observa que existe una tendencia en los últimos años a disminuir los caudales máximos, lo que favorece el crecimiento de la vegetación de ribera.

No se disponen de aforos del río previos a la presa, por lo que se desconoce si el régimen de caudales natural era permanente o temporal. Sin embargo, existen indicios claros que apuntan a que el río en el tramo de estudio se secaba en verano: se dispone de cuatro años (2010-2013) de caudales diarios de los tres ríos que entran en el embalse (figura 3d), Guadalix, Gargüera y Arbalá, y los tres se secan durante el estío 73, 75 y 132 días respectivamente (65 días coincidentes). Por tanto, la vegetación de ribera se vería también fuertemente afectada (sobre todo las especies freatófilas) por las condiciones de sequía del cauce en verano. Por el contrario, el régimen de

caudales que ha circulado aguas debajo de la presa ha sido permanente (ver figura 3c) como lo demuestran los datos del aforo localizado en Pesadilla (próximo al punto F de muestreo).

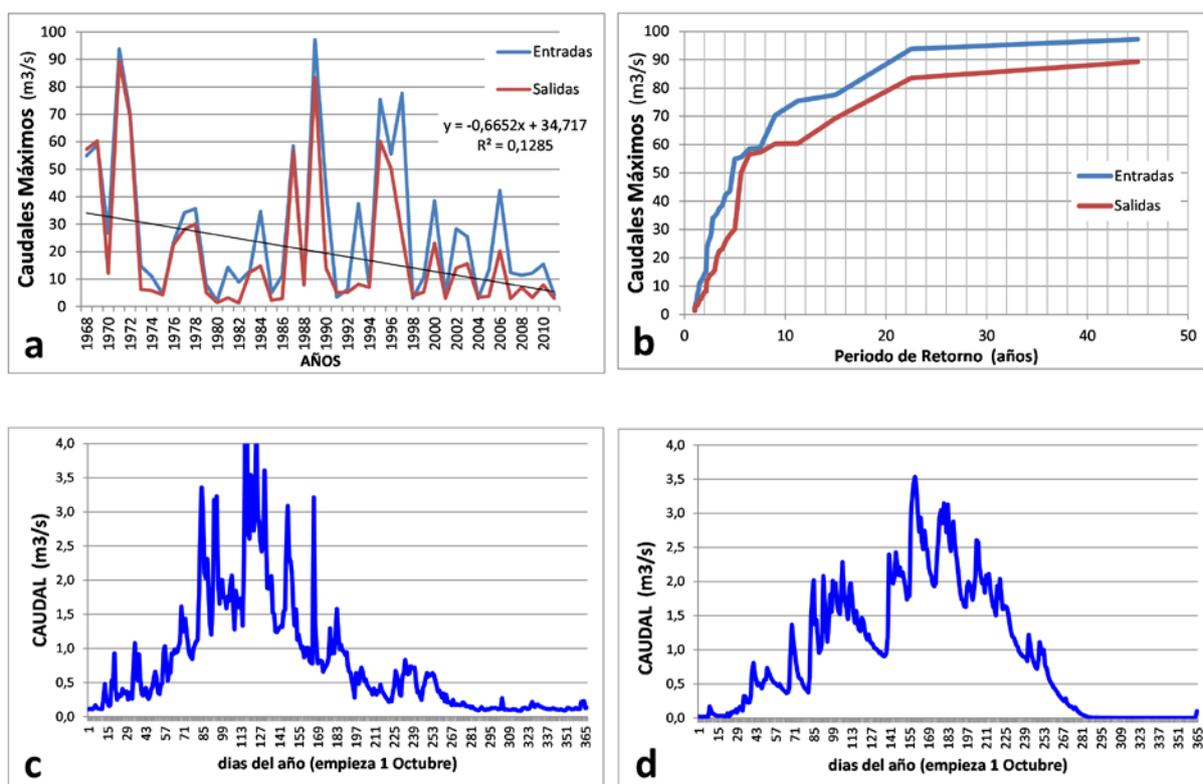


Figura 3.- Análisis comparativo del régimen de Caudales del río Guadalix antes y después del Embalse de Pedrezuela: a) caudales máximos de entrada y de salida; b) periodo de retorno de máximos; c) media de caudales diarios (1970-2012) en Pesadilla (F); d) media de caudales diarios (2009-2013) que entran en el embalse (calculado como suma de los caudales del río Guadalix y de los Arroyos de Gargüera y Albala).

4.2. Evolución de la vegetación de ribera

La evolución de la cobertura de la vegetación de ribera desde antes de la construcción del Embalse de Pedrezuela se presenta en la tabla 2, separada en cada uno de los tramos analizados y a lo largo de los años después de su puesta en funcionamiento. Su análisis global muestra que desde el año 1956 hasta el 2009 el corredor ripario aumentó notablemente su superficie, pasando de ocupar un 3,7% en el año de referencia a ocupar un 84,5 % de la superficie (figura 4).

En todos los tramos estudiados debajo de la presa la vegetación leñosa ha aumentado, aunque con diferentes tasas y pautas (ver ejemplos en figura 5). Se observan tres tipos distintos de evolución de la superficie de corredor ripario en el tiempo. El primer tipo (figura 5) se observa en los tramos situados a 1, 3 y 5 km del pie de presa (tramo alto). Se caracterizan porque carecen de corredor ripario en 1956, escaso en 1975 y 1991, presentando en 2009 un brusco incremento medio del 80% que se traduce en una anchura media del corredor de 21 m que se incrementa ligeramente en 2014 alcanzando el 82% de la superficie. El segundo tipo (figura 5) se observa en el tramo medio situado entre 7- 9 km de la presa. Se caracteriza por la presencia de corredor ripario ya en el año 1956 (26% de la superficie) que aumentó progresivamente tomando un valor del 75% en el año 1975, 80% en 1991 y que finalmente alcanza el 91% en el año 2009 y se mantiene en 2014. Estos valores se traducen en una anchura media de corredor de 6 m en 1956; 19 m en 1975; 27 m en 1991 y 31 m

en 2009 y 2014. El tercer tipo son tramos que se caracterizan por presentar una evolución intermedia, es decir, en 1956 no presenta corredor y éste aparece de forma progresiva a partir de la foto de 1975. Se observa en los tramos situados 11 y 13 km aguas abajo de la presa. Particularmente, el corredor ripario ocupa el 14,4% en 1975, 40% en 1991, 79,1% de la superficie en 2009 y 84.5% en 2014. Lo cual se traduce en una evolución en las anchuras de corredor de 0 m en 1956 a 2.5 m en 1975; 5 m en 1991; 36 m en 2009 y en 2014.

Tabla 2. Evolución de la cobertura de la vegetación de ribera desde antes de la construcción del Embalse de Pedrezuela y a lo largo de los años después de su puesta en funcionamiento, en cada uno de los tramos analizados. Consultar la metodología para la definición de conceptos en la tabla.

Tramo	Inicio-fin km	Área potencial (m ²)	1956		1975		1991		2009		2014	
			Anchura media (m)	% Área potencial								
1	1-2	28778	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	64,2	19,5	67,8
2	3-4	24776	0,0	0,0	4,9	20,0	9,2	37,2	21,5	86,6	24,6	99,4
3	5-6	23809	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	92,5	22,9	96,2
4	7-8	20875	0,0	0,0	2,8	13,5	14,9	71,5	18,8	90,1	19,5	93,5
5	9-10	47522	12,3	25,9	35,6	74,9	38,2	80,3	43,1	90,6	43,1	90,6
6	11-12	51670	0,0	0,0	5,1	9,8	5,8	11,2	31,4	60,7	31,4	60,7
7	13-14	48558	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	40,3	83,0	40,3	83

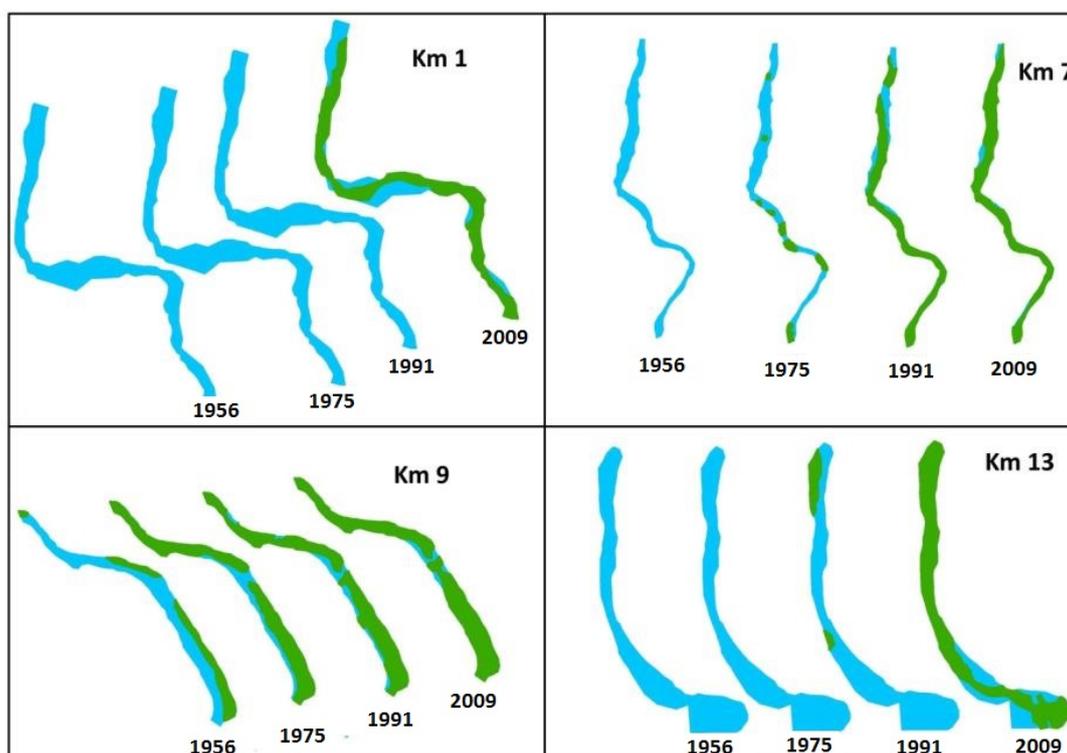


Figura 4.- Pautas de evolución de la vegetación de ribera aguas debajo de la presa de Pedrezuela a lo largo de los años: Antes de la construcción de la presa (1968), sólo existía vegetación riparia en muy escasos tramos (km 9). En sucesivas décadas la vegetación de ribera va extendiéndose: en 1975 km 7; 1991 km 13; y hasta entrado el siglo XX en el Km 1.

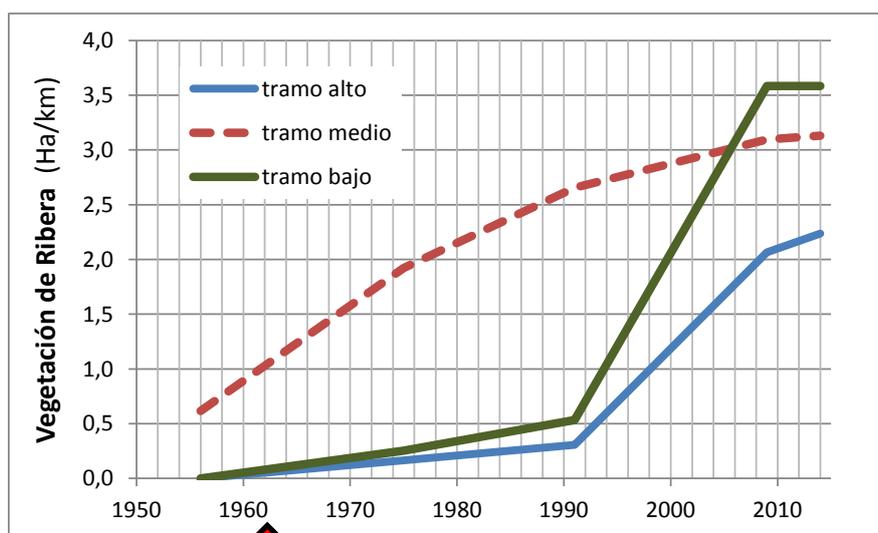


Figura 5.- Cambios en la cobertura del cauce por la vegetación de ribera del río Guadalix, distinguiendo el tramo alto, más próximo a la presa, el medio (final del encajonamiento), y el bajo donde el valle se abre. La flecha señala la construcción del embalse de Pedrezuela.

Como síntesis, se puede afirmar que el desarrollo de la vegetación después de la construcción del embalse de Pedrezuela ha sido intenso. Las 2,4 ha de cobertura riparia que existían en 1956 en los 14 km de río analizados, han pasado a ser 40,4 ha en el 2014. La anchura media de la vegetación de ribera ha pasado de 1,8 m a 28,8 m, lo que representa pasar de una cobertura del 3,7 % de toda la ribera al 84,5 %.

5. Discusión

En el momento en que el embalse de Pedrezuela empezó a funcionar solo el 3,7 % del cauce estaba cubierto por vegetación de ribera, concentrada en la zona medio-baja (km 6-8) del tramo encajonado del río Guadalix. Desde su puesta en funcionamiento, la vegetación riparia empezó a expandirse hasta cubrir casi la totalidad del cauce en 2014. Esta expansión, comenzó desde el primer momento y se desarrolló gradualmente donde ya existía dicha vegetación y en los tramos colindantes. Por el contrario, tanto en los tramos altos como en los bajos, carentes de vegetación previamente, la aparición de la vegetación de ribera tardó 25 años hasta alcanzar una cierta cobertura (tamaño crítico) y a partir de ese momento (1992) se desarrolló en ambos tramos con un fuerte crecimiento hasta ocupar prácticamente toda el área de lo que fue el cauce activo en 1956. El efecto del confinamiento del valle en el desarrollo de la vegetación de ribera ha sido descrito por Segura-Beltrán y Sanchís-Ibor (2013). Así, en el tramo más bajo del Guadalix al tener un valle abierto el desarrollo de la vegetación es más rápido que los restantes con valle confinado.

La pregunta que surge es si esta coincidencia temporal de la puesta en funcionamiento del embalse de abastecimiento a Madrid con el desarrollo de la vegetación de ribera, ¿es causal?; ¿fue un factor más que influyó?, o ¿existen otras causas? Esta pregunta nos conduce a plantear las razones por las que en los años 40 y 50 la vegetación de ribera estaba tan reducida en estos tramos del Guadalix. En principio podríamos pensar en:

- Sobrepastoreo por la existencia de una carga ganadera extensiva excesiva
- Incendios forestales por quema pastizales
- Existencia de grandes avenidas que arrasaban la vegetación de ribera
- Existencia de sequías estivales, asociadas al hecho de que el régimen natural de caudales es de carácter temporal.

En cuanto al sobrepastoreo de riberas es un fenómeno frecuente en ríos mediterráneos, ya que durante el estío los únicos pastos verdes son los ubicados en las riberas de ríos permanentes, y es allí donde buscan alimento los ungulados silvestres y por supuesto los ganados extensivos. Sin embargo,

no disponemos de datos cuantitativos de la cabaña ganadera en la Cuenca del Guadalix durante esos años por tanto no podemos comparar con el ganado que en la actualidad pasta en la ribera (hemos detectado ganado vacuno durante la visita al campo). Sin embargo, los sucesivos censos agrario de Instituto Nacional de Estadística (www.ine.es) muestran un claro descenso de la ganadería extensiva en la Comunidad de Madrid, como lo ha sido en otras partes de España (Segura-Beltrán y Sanchís-Ibor, 2013).

En cuanto a la existencia de incendios recurrentes que hubieran acabado con la vegetación de ribera, no tenemos indicios de ello en las fotos aéreas consultadas (1946 y 1956), y también carecemos de datos históricos.

Respecto a los efectos de los cambios de los caudales circulantes en la vegetación de ribera podemos afirmar que se ve limitada principalmente por la fuerza de arrastre de las grandes avenidas (especialmente en tramos fluviales encajonados y con pendientes altas) y por la sequía estival ya que la mayoría de las especies que la componen tienen altos requerimientos hídricos (freatófilas). Los caudales de avenida han sido laminados por el embalse, aumentando sus periodos de retorno.

El régimen de los caudales que circulan en el tramo de estudio ha sido modificado por la regulación de la presa (comparación entre figura 3c y 3d). Los caudales que circulan por el tramo de río estudiado se componen de los que la presa de Pedrezuela suelta directamente al cauce junto con las aguas que se incorporan indirectamente por filtraciones de la presa y a través de descarga de acuíferos (recargados en gran medida por infiltraciones en el vaso del embalse). Las condiciones de estiaje, vienen determinadas por un aumento de los caudales de verano y los eventos de sequía de cauce son escasos y su frecuencia disminuye (figura 3c). Los niveles freáticos del tramo estudiado se mantienen superficiales a lo largo de todo el año, como lo prueba el buen estado de las alisedas como vegetación dominante en el río, siendo precisamente los alisos las especies riparias más exigentes en cuanto a humedad edáfica. Por el contrario, es claro que si no existiera la presa el río Guadalix se secaría en este tramo (figura 3d). Por tanto, podemos afirmar que los efectos de los caudales circulantes por el cauce han favorecido claramente el desarrollo de una vegetación de ribera que no existía y permiten la conservación de un bosque maduro, cerrado y continuo.

6. Conclusiones

La clara dominancia de una aliseda bien desarrollada a lo largo del tramo demuestra que no existen déficits hídricos, pues se trata de una de las especies más intolerantes a la sequía. No se han detectado alteraciones significativas en la disposición de las especies arbóreas relacionadas con el estrés hídrico, encontrándose las orillas dominadas por las especies con mayores requerimientos hídricos (principalmente alisos y secundariamente sauces) y estrechas franjas de fresnos entre las alisedas y el encinar circundante.

La existencia y desarrollo de esta vegetación riparia se debe en gran medida a la presencia del Embalse de Pedrezuela que lamina las grandes avenidas, mantiene directa e indirectamente unos caudales mínimos y unos freáticos altos incluso en verano. Además, la tendencia de los últimos años a disminuir los caudales máximos y a aumentar los mínimos refuerza el proceso de afianzamiento de la vegetación de ribera.

7. Agradecimientos

Queremos mencionar la ayuda de Diego Pérez-Cecilia en la interpretación de la regulación de caudales que se hace desde el Embalse de Pedrezuela para el abastecimiento a Madrid.

8. Bibliografía

AGUIAR, F.C.; FERREIRA, M.T.; 2005. Human-disturbed landscapes: effects on composition and integrity of riparian woody vegetation in the Tagus River basin, Portugal. *Environmental Conservation* 32(01), 30-41.

- ASHAEDA, T.; RASHID, M.H.; 2012. The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. *Journal of Hydrology* 430, 25-38.
- BATALLA, R.J.; VERICAT, D.; MARTINEZ, T.I.; 2006. River channel changes downstream from dams in the lower Ebro River. *Zeitschrift fur Geomorphologie N.F. Supplement* 143, 1-14.
- COOPER, D.J.; ANDERSEN, D.C.; CHIMNER, R.A.; 2003. Multiple pathways for woody plant establishment on floodplains at local to regional scales. *Journal of Ecology* 91, 182-196.
- FERGUS, T.; 1997. Geomorphological response of a river regulated for hydropower: River Fortun, Norway. *Regulated Rivers: Research & Management* 13(5), 449-461.
- GONZALEZ, E.; GONZALEZ-SANCHIS, M.; CABEZAS, A.; COMIN, F.A.; MULLER, E.; 2010. Recent changes in the riparian forest of a large regulated Mediterranean river: implications for management. *Environmental Management* 45, 669-681.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M.; BEJARANO, M.D.; GARCÍA DE JALÓN, D.; SCHMIDT, J.; 2015. Biogeomorphic responses to flow regulation and fine sediment supply in Mediterranean Streams (The Guadalete River, Southern Spain). *Journal of Hydrology* 528,751-762.
- LARA, F.; GARILLETI, R.; RAMÍREZ, P.; NIETO, J.M.; 1996. Estudio de la vegetación de los ríos carpetanos de la cuenca del Jarama. Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento. Madrid.
- LIÉBAULT, F.; PIÉGAY, H.; 2002. Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms* 27(4), 425-444.
- MARTINEZ-FERNANDEZ, V.; GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M.; MAROTO, J.; GARCÍA DE JALÓN, D.; 2017. Fluvial corridor Changes over time in Regulated and Non-regulated Rivers (Upper Esla River, NW SPAIN). *River Research & Applications* 33, 214-223
- PETTS, G.; GURNELL, A.; 2013. Hydrogeomorphic effects of reservoirs, dams and diversions. En: Shroder, J.; James, L.A.; Harden, C.P.; Clague, J.J.; (Eds.): *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 13, *Geomorphology of Human Disturbances, Climate Change, and Natural Hazards*, pp. 96-114.
- PICCO, L.; COMITI, F.; MAO, L.; TONON, A.; LENZI, M. A.; 2016. Medium and short term riparian vegetation, island and channel evolution in response to human pressure in a regulated gravel bed river (Piave River, Italy). *CATENA* 149,760-769.
- POLZIN, M.L.; ROOD, S.B.; 2000. Effects of damming and flow stabilization on riparian processes and black cottonwoods along the Kootenay River. *Rivers* 7(3), 221-232.
- POFF, N.L.; ZIMMERMAN, J.K.; 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55(1), 194-205.

SEGURA-BELTRÁN, F.; SANCHIS-IBOR, C.; 2013. Assessment of channel changes in a Mediterranean ephemeral stream since the early twentieth century. The Rambla de Cervera, eastern Spain. *Geomorphology* 201, 199-214.

SCHUMM, S.A.; 1969. River metamorphosis. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* HY1, 255-273.

WILLIAMS, G.P.; WOLMAN, M.G.; 1984. Downstream effects of dams on alluvial rivers. U.S.G.S. Geological Survey, Professional Paper, 1286.