

REGENERACIÓN DE SAUCEDAS COMO RESPUESTA A LA REGULACIÓN DE CAUDALES EN LOS RÍOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas



Presentado por:

María Alexandra Jiménez Pérez

Director y tutor académico:

Diego García de Jalón

En Alcalá de Henares a 30 de octubre de 2020

Resumen

Abstract

Palabras clave

Agradecimientos

1. Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos	3
2. Materiales y métodos	4
2.1 Área de estudio	4
2.2 Toma de datos	6
Análisis de los cambios hidrológicos	6
Parcelas de reclutamiento	7
2.3 Análisis de los datos	7
2.4 Análisis estadísticos	9
3. Resultados	10
Análisis de los cambios hidrológicos	10
Parcelas de reclutamiento	12
Establecimiento de las plántulas	16
Crecimiento	18
Supervivencia al verano	20
Influencia del ganado	22
4. Discusión	23
Análisis de los cambios hidrológicos	23
Parcelas de reclutamiento	24
Establecimiento de las plántulas	25
Crecimiento	26
Supervivencia al verano	26
Influencia del ganado	27
5. Propuestas para la restauración de la regeneración riparia	27
6. Conclusiones	28
7. Bibliografía	30

Anexos

Resumen: Las salicáceas son especies freatófilas pioneras con gran poder germinativo. A pesar de que naturalmente el banco de semillas es abundante, las condiciones para su establecimiento y regeneración son restrictivas. A esto se le suma la falta de espacio en los ríos debida a la expansión y crecimiento de los bosques de ribera desde 1956 y a la regulación de caudales. Por todo ello se observa en las galerías riparias españolas una escasa presencia y abundancia de reclutamiento de especies riparias leñosas y en especial del género *Salix spp.*

En este trabajo se evalúa la regeneración de las saucedas en un río regulado (Jarama) y en otro no regulado (Lozoya) de la Comunidad de Madrid. En el Lozoya el regenerado se caracterizó por su buen estado y por estar formado por plántulas 0+ de *P. nigra*. En el Jarama el estado de la regeneración fluctuó según la intensidad del ganado y se encontraron individuos de todas las clases de edad de diferentes especies. Por otro lado, se estudian las tasas de regeneración, supervivencia y mortalidad de brinzales y chirpiales en parcelas fijas experimentales. Se estudia también la dependencia de la distancia al agua, la densidad de plantas y el índice de Freddle con el establecimiento ya que podrían estar restringiendo la colonización y ser una de las causas de la ausencia de saucedas; aunque no hubo suficiente evidencia estadística para demostrarlo. Este mismo estudio se hace para determinar si la supervivencia del regenerado está o no influenciada por la acción de alguna de estas variables. Tomando las variables de forma independiente no se puede afirmar la existencia de esta relación, pero la acción conjunta de las tres sí resultó significativa. Finalmente, se proponen medidas para mitigar las causas de la ausencia de las saucedas y otras para favorecer su regeneración.

Abstract: *Salicaceae* are pioneer phreatophilic species with a great germination power. Although the seed bank is naturally abundant, the conditions for the establishment and regeneration are very restrictive. Added to this, is the lack of space in the rivers due to the expansion and growth of riparian forests since since 1956 and the regulations of flows. For all these reasons, a low presence and abundance of woody riparian species recruitment, specially of the genus *Salix spp.* is generally oberseved in the Spanish riparian galleries.

In this work the regeneration of willow trees is evaluated in a regulated (Jarama) and non-regulated river (Lozoya) of the Community of Madrid. In the Lozoya river, the recruitment was characterized by its good condition and by being formed by 0+ seedlings of *P. nigra*. In the Jarama river the regeneration status fluctuated according to the intensity of the cattle and stems of all age classes of different species were found. On the other hand, the regeneration, survival and mortality rates of seedlings and saplings are studied in experimental fixed plots. The

dependence of the distance to water, the plant density and the Freddle index with the establishment is also studied as it could be restricting the colonization and be a main cause of the willow tree absence; although there was not enough statistical evidence to prove it. This same study is carried out to determine whether the recruitment's survival depends on any of these variables. Analyzing the variables independently, the existence of these relationships cannot be confirmed, but the joint action of the three was significant. Finally, measures are proposed to seek the mitigation of the causes of the absence of willow trees and others to promote their regeneration.

Palabras clave: salicáceas, bosque ribera, Jarama, Lozoya, colonización, estado.

Agradecimientos:

Doy las gracias a mi familia porque debido a su trabajo y ayuda incesantes he podido ir cumpliendo todas las metas académicas que me he propuesto hasta el momento. Sé que para futuros proyectos siempre podré contar con sus palabras de ánimo, su ayuda y su apoyo. Le doy las gracias también a mis amigas Alicia León, Sara Camino, Laura Leonardo, Idoia Razquin y Carmen Martínez por brindarme su apoyo emocional, por los buenos momentos que hemos pasado y por animarme a no tirar nunca la toalla. Me gustaría hacer una mención especial a mi gran amigo Alejandro Alonso, que además de todo lo anterior, también me dio unas clases básicas y rápidas de R™. Estoy agradecida también por mi tutor, Diego García de Jalón. Agradezco que se haya tomado el tiempo de ir conmigo a campo, sus enseñanzas, sus sugerencias y correcciones. Finalmente, doy las gracias a Carlos Alonso González por su ayuda con la estadística y a Daniel Díaz por facilitar parte de la bibliografía utilizada en este trabajo.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Las salicáceas son una familia de vegetación de ribera cuya presencia es frecuente en los ambientes riparios de las regiones semiáridas del Mediterráneo. Se trata de árboles, arbustos o matas pioneros, con ramas flexibles y con capacidad de reproducción sexual y asexual, cuyas especies más abundantes son *Salix* y *Populus* (González et al., 2015, González et al., 2018 y Prada Sáez et al., sf). Las semillas de estas especies son generalmente ligeras y poseen un penacho con pelos que favorece su dispersión por anemocoria e hidrocoria, característica que también permite la adherencia a sitios húmedos (Mier, 2008 y Prada Sáez et al., sf). Aunque la germinabilidad es alta, la viabilidad las semillas es baja (Mier, 2008, González y Comín, 2010, González et al., 2015 y González et al., 2018) ya que esta puede llegar a disminuir en un 50% en apenas una o dos semanas (Karrenberg y Suter, 2003). Para intentar compensar esta baja germinabilidad algunas especies han adoptado mecanismos adaptativos como la producción de un mayor número de semillas o varios pulsos de liberación (Karrenberg y Suter, 2003). Para un correcto crecimiento y desarrollo, las plántulas deben contar con una abundante luz solar y estar en contacto directo con un suelo húmedo (Mier, 2008). En el caso de la reproducción asexual, las salicáceas pueden clonarse mediante multiplicación vegetativa debido a que los fragmentos de planta tienen facilidad para enraizar (Barsoum, 2002).

Aunque se trate de especies pioneras su germinación y establecimiento (proceso que según Glenn-Lewin et al., (1992) abarca la dispersión de las semillas, la germinación de las mismas y el crecimiento inicial de las plántulas) actúan como cuello de botella ya que las condiciones propicias para un idóneo asentamiento son muy restrictivas. La primera condición para que las salicáceas colonicen las llanuras de inundación es que las avenidas de los ríos y el periodo de dispersión (primavera-principios del verano) deben sincronizarse (Shafroth et al., 1998). Si las crecidas ocurren mucho antes de la liberación, el sustrato carecerá de agua y las semillas no podrán germinar. Por el contrario, las semillas serán arrastradas si las avenidas tienen lugar después del periodo de liberación (Mahoney y Rood, 1993). De esta manera, lo ideal es que poco tiempo después de las inundaciones las semillas sean depositadas sobre sustratos húmedos, como barras de arena o depósitos fluviales, en los que el nivel del agua descenderá de manera gradual (Shafroth et al., 1998). La segunda condición es la existencia de un sustrato desnudo, o libre de cubierta vegetal, para evitar la competencia por los recursos disponibles. La última condición que debe cumplirse es que las especies deben situarse en un nivel topográfico determinado para estar en contacto con el nivel freático, evitar que las semillas y/o plántulas sean arrastradas por futuras inundaciones, sean cubiertas por sedimentos,

sufran las consecuencias de heladas o condiciones anóxicas, etc. (González y Comín, 2010 y González et al., 2018). Debido a la existencia de este cuello de botella González y Comín (2010), Stella y Battles (2010) y Guillo y et al. (2011) afirman que las plántulas de las salicáceas son especialmente vulnerables durante su primer año de vida.

Otra particularidad de las especies de la familia *Salicaceae* es que son freatófilas, es decir, necesitan estar en contacto con el agua. Las diferentes especies de esta familia se distribuyen según gradientes de humedad y cada una de ellas está especializada en una sección concreta del mismo (Keddy y Ellis, 1985 y Guillo y et al, 2011). De acuerdo con los resultados del estudio realizado por Stella et al. (2010) si tras las avenidas el nivel freático se reduce 6-9 cm/día la mortalidad de las plántulas será total mientras que si la recesión es de 1-3 cm/día la supervivencia se encontrará entre el 12-68%, siendo 4 cm/día la reducción máxima que pueden soportar. Mahoney y Rood (1993) y Stella et al. (2010) enuncian entonces que lo más adecuado es la existencia de un caudal constante ya que este puede no afectar a la supervivencia de las plántulas del año y podría favorecer a los árboles ya existentes, aunque el sistema radical de las plántulas sería poco superficial y por ende resultarían más vulnerables a posibles perturbaciones.

De acuerdo con González del Tánago y García de Jalón (2017), en determinadas cuencas hidrográficas algunas áreas antiguamente ocupadas por pastizales han evolucionado hacia bosques lo que ha favorecido la invasión de los cauces fluviales por especies leñosas. Rappé et al. (2017) definen la invasión del canal activo como un proceso que depende del reclutamiento de nuevas plántulas, así como del crecimiento y la expansión lateral de la vegetación ya existente. Rappé et al. (2017) mencionan también que en ambos casos las condiciones hidroclimáticas juegan un importante papel ya que los climas mediterráneos, al caracterizarse por tener altas temperaturas, favorecen la expansión de la vegetación. En todo caso, las consecuencias hidromorfológicas de la invasión del cauce son la incisión, el estrechamiento del mismo y la reducción de su trenzamiento en planta. García-Jalón et al. (2020) realizan un estudio que pretende encontrar la relación causal entre la regulación de los caudales (en ríos regulados y no regulados) y la expansión de la vegetación a nivel nacional. Sus resultados demuestran que, de manera general, todos los ríos españoles han sufrido estrechamiento, cambios hidrológicos y que la vegetación riparia ha incrementado, sobre todo el período comprendido entre 1956-1977. Estos autores demuestran también que a escala regional o local la expansión de la vegetación depende de otros factores como el relieve, la secuencia de caudales e inundaciones, la construcción y operación de presas, las canalizaciones, los cambios de uso del suelo, etc.

Los bosques riparios de la Comunidad de Madrid (CM) han evolucionado hacia galerías en las que predomina un estrato arbóreo denso. La especie más representada en los bosques de ribera de los tramos altos del oeste de la CM es *Fraxinus angustifolia* mientras que en los tramos medios y bajos del este predomina *Populus alba*. Estas galerías se caracterizan por ser poco anchas debido al pastoreo y al encajonamiento de los cauces (González del Tánago y García de Jalón, 2017). De acuerdo con González del Tánago y García de Jalón (2017) las saucedas arbustivas deberían estar más presentes y ser más abundantes en los ríos de la CM, sobre todo en los tramos medios y bajos. No obstante, estos autores concluyen que al estar los ríos regulados se mantienen unos caudales uniformes a lo largo del año y que el volumen y la frecuencia de las avenidas ha disminuido. Esto se traduce en una desaparición de los sitios adecuados para el reclutamiento (bancos de arenas y gravas carentes de vegetación herbácea), en sustratos próximos a las orillas del cauce con un buen grado de humedad que permiten la expansión de la vegetación madura y, por ende, en una abundancia y regeneración de las saucedas escasa. En los ríos madrileños el reclutamiento de la saucedas arbustiva no está limitado por el suministro de semillas válidas sino por la falta de espacio debido al crecimiento lateral de la vegetación riparia y a las condiciones tan restrictivas de su establecimiento.

1.2 Objetivos

Como ya se ha mencionado previamente, existe una problemática asociada a la regeneración del bosque de ribera porque para que los nuevos individuos se establezcan se tienen que cumplir unas condiciones concretas (Shafroth et al., 1998). González del Tánago y García de Jalón (2017) han demostrado que la regeneración también se ve impedida por la expansión de la vegetación y la ausencia de inundaciones a causa de la regulación de los caudales. Este trabajo intentará verificar si actualmente el establecimiento, el crecimiento y la supervivencia de la regeneración son la principal causa de la ausencia de saucedas arbustivas o si la falta de espacio y la reducción del volumen de las avenidas y su frecuencia son los factores que mayor importancia tienen actualmente. Por otro lado, se compararán los resultados con los obtenidos por Mora-Navarro en 2004. Para ello se establecen los siguientes objetivos:

- Análisis de los cambios hidrológicos de los ríos Jarama y Lozoya.
- Descripción cuantitativa de la composición, distribución de edades y estado del reclutamiento de la vegetación riparia en un río regulado y otro no regulado de la Comunidad de Madrid.

- Evaluación de las tasas de regenerado, supervivencia y mortalidad de brinzales y chirpiales de las especies riparias en parcelas fijas experimentales con características hidromorfológicas diferentes.
- Estudio de la relación de la densidad, la distancia al agua y el índice de Freddle con el crecimiento, establecimiento y supervivencia de la regeneración de la vegetación de ribera y comparación con los resultados de 2004.
- Propuestas de medidas de mitigación.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Los tramos de estudio se localizan en la cuenca del Jarama, en tramos aluviales de los cauces del río Lozoya y del propio Jarama. Los lugares seleccionados para el estudio, que pueden consultarse en las Figuras 1, 2 y 3 fueron:

1. Río Lozoya en Alameda del Valle, que se encuentran dentro del LIC “Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte” (IDEM, sf).
2. Río Jarama en Patones, que forma parte del LIC “Cuencas de los ríos Jarama y Henares” (IDEM, sf).
3. Río Jarama en Valdetorres (El Molar), que también forma parte del LIC “Cuencas de los ríos Jarama y Henares” (IDEM, sf).

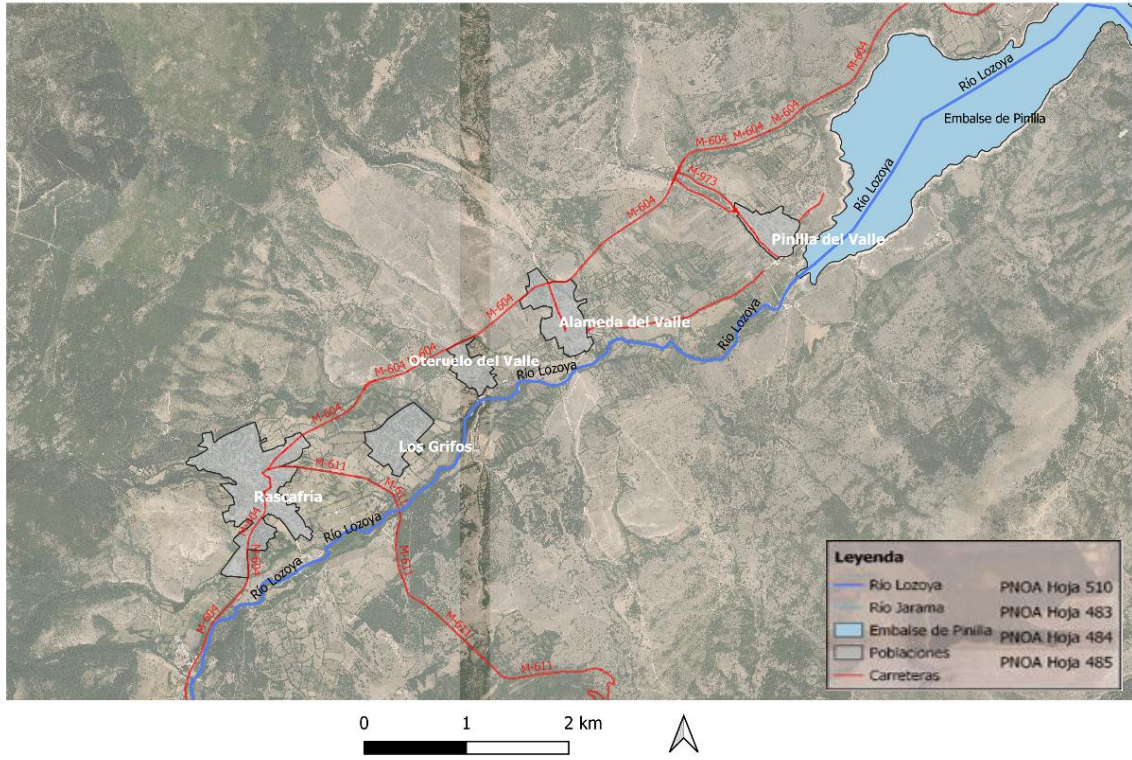


Figura 1. Localización del área de estudio del río Lozoya. Fuente: Elaboración a partir de las capas obtenidas en el IGN (sf).

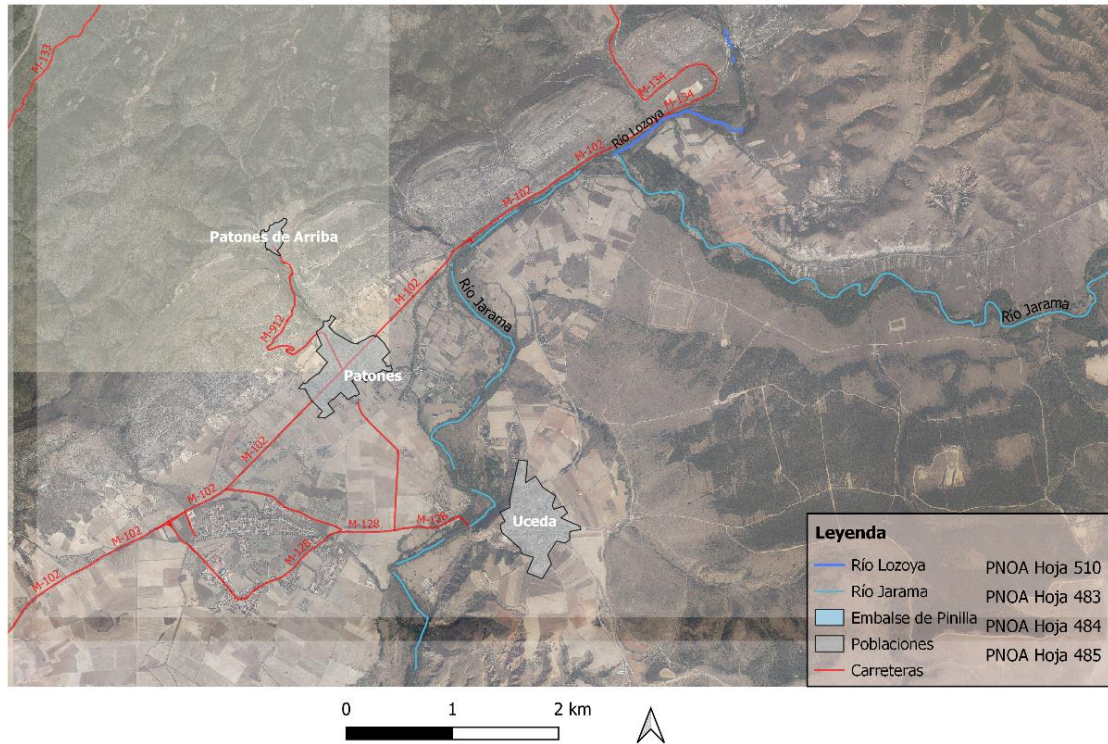


Figura 2. Localización de una de las áreas de estudio del río Jarama (Patones). Fuente: Elaboración a partir de las capas obtenidas en el IGN (sf).

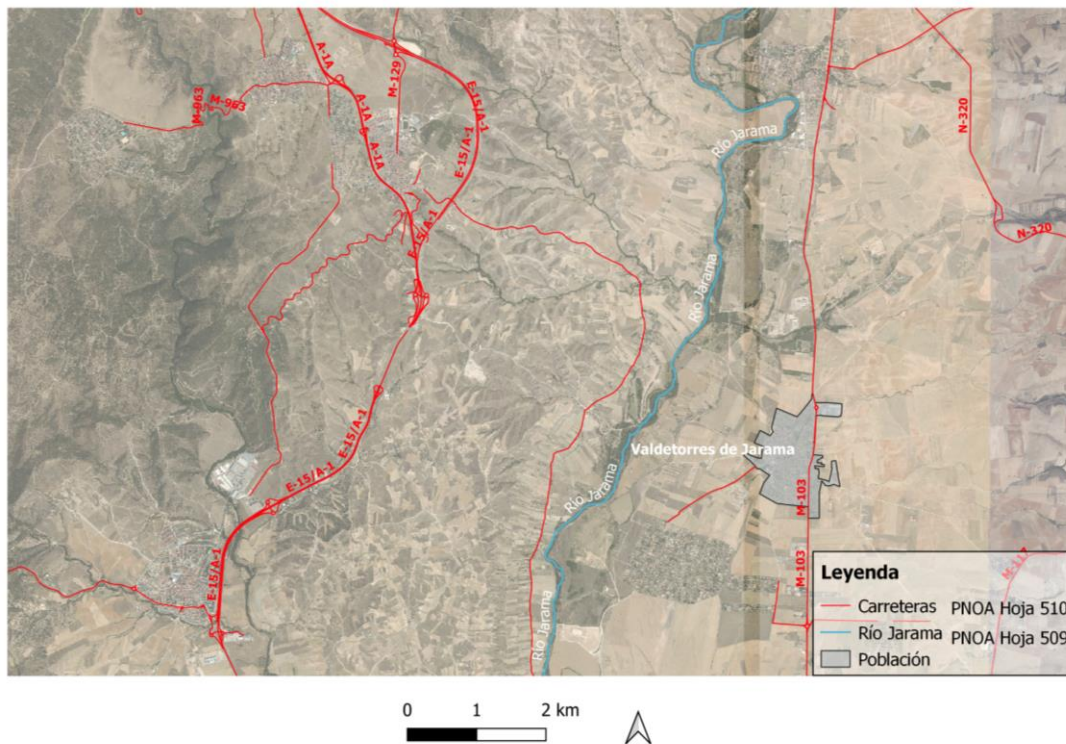


Figura 3. Localización de una de las áreas de estudio del río Jarama (Valdetorres de Jarama). Fuente: Elaboración a partir de las capas obtenidas del IGN (sf).

En los tramos estudiados las precipitaciones se encuentran entre los 600-1200 mm (Confederación Hidrográfica del Tajo, sf). La cuenca del tramo cuenta con una superficie de 5,047 km² (CIH y HGM, 2012) y con un clima mediterráneo continental (Confederación Hidrográfica del Tajo, sf). La geología de la cuenca se caracteriza por estar formada por materiales detríticos del cuaternario (IGME, sf) y los usos del suelo principales son los espacios de vegetación arbustiva y herbácea, las zonas urbanas y las tierras de labor (IDEM, sf).

2.2 Toma de datos

Análisis de los cambios hidrológicos

Se obtuvieron los caudales diarios del periodo 1995-2019 del río Jarama en Valdepeñas de la Sierra de la estación foronómica 3153 (más los de aforo instantáneo en web hasta 2020 de la estación de aforos AR16 de la SAIH) y los caudales diarios para ese mismo periodo del río Lozoya en El Paular de la estación foronómica 3002.

En el caso del río Lozoya se trata de un régimen de caudales natural sin regulación. Por el contrario, la serie histórica de caudales diarios del Jarama se encuentra regulada y por tanto se

divide en dos períodos (antes y después de dicha regulación). Para cada período se calcula la media de los caudales diarios con el objetivo de examinar las diferencias entre el régimen de caudales de ambos ríos. Debido a la referencia del reclutamiento realizado por Mora-Navarro (2004), se presta especial atención a las crecidas, a los caudales medios, máximos y mínimos de los años hidrológicos 2003, 2019 y los periodos previos a estos (2002 y 2018).

Parcelas de reclutamiento

Para llevar a cabo el estudio se recorrieron los ríos en busca de zonas de regeneración de vegetación de ribera. El Jarama desde Casa de Uceda hasta Algete y el Lozoya desde Rascafría hasta su desembocadura. En las zonas donde se encontró un reclutamiento se realizaron muestreos de brinzales y chirpiales (menores de 1 m de alto) durante el verano de 2020 con el fin de determinar el estado y el éxito de la regeneración natural de la vegetación riparia y con el fin de determinar las variables que restringen el establecimiento y la supervivencia del regenerado.

En el experimento se hicieron dos muestreos, uno en julio (días 13 y 23) y otro a finales de septiembre (día 22). En el primer muestreo se establecieron 3 parcelas rectangulares y una circular en el Lozoya además de 5 rectangulares en el Jarama. Todas las parcelas se señalaron con estaquillas metálicas y fueron delimitadas con cuerdas. Estas fueron inventariadas en julio y nuevamente visitadas en septiembre con el fin de evaluar el regenerado. Las parcelas fueron erguidas con dimensiones variables (2,98-9,9 m²) y localizadas a diferentes distancias de la orilla (0-2,50 m). En cada muestreo las parcelas fueron divididas en cuatro bandas de la misma anchura y paralelas a la orilla, estando la primera más próxima a la orilla y la cuarta más alejada. En cada banda se contabilizó el número de plántulas y plantones a la vez que se medía su altura (cm), se identificaba la especie a la que correspondía y se visualizaba si habían sufrido daños por pastoreo. Para cada parcela se tomó nota de sus dimensiones, la distancia al agua y el tipo de sustrato sobre el que se asentaron. Además, se indicó la presencia o ausencia de cobertura herbácea y se midió la granulometría de los cantos de mayor tamaño mediante la media de las tres medidas ortogonales máximas.

2.3 Análisis de los datos

Una vez adquiridos los datos en el campo se procedió a calcular, para cada parcela, la densidad total (nº total pies/ m²) y la altura media total (promedio de las alturas del conjunto de individuos) en cada muestreo, y por comparación las tasas de supervivencia (densidad

septiembre/densidad julio), mortalidad (100-supervivencia) y regeneración (cuando la tasa de supervivencia es mayor al 100% el porcentaje excedente corresponde a la regeneración) expresadas en tanto por ciento. Se calcula también la abundancia relativa de cada especie (n° individuos especie/ n° total individuos) expresada en porcentaje. A nivel de parcela tiene interés calcular la densidad total de *Salix spp.* (n° total *Salix spp.*/ m^2), al ser los taxa riparios que se ven más amenazados, la abundancia relativa del total de especies y la abundancia de especies de ambos ríos. A nivel de banda se calculan las densidades, alturas medias, el crecimiento $[(\text{altura media septiembre}-\text{altura media julio})/(\text{altura media julio})]$ y las tasas de supervivencia, mortalidad y regenerado en tanto por ciento. Para estudiar la estructura de la regeneración riparia se calculó para ambos muestreos la frecuencia de cada especie a aparecer en cada una de las bandas y luego se realizó la media. Las medias de cada especie por banda fueron sumadas y con ello se pudo estudiar la preferencia de las especies a aparecer en una banda u otra.

Ya que los pies presentaban alturas variables y lo que más interesa para este estudio son las plántulas del año, se procede a clasificar los individuos a través de un rango de edades. Se considera que una plántula es 0+ (regenerado) cuando su altura se encuentra entre los 0 y 15 cm. La clase de edad 1+ corresponde a 16-40 cm y la 2+ a todas aquellas plantas que superasen los 40 cm. Esta clasificación nos permite distinguir qué especies son las responsables del regenerado, así como realizar el cálculo de altura media y la densidad de las plántulas 0+ en cada parcela.

En cuanto a las variables mesológicas de la parcela analizamos la capacidad edáfica mediante el índice de Fredde con el objetivo de determinar el tamaño de los espacios entre las partículas del sustrato en aquellas parcelas donde encontraron gravas y cantos rodados. Este índice se calcula como el cociente del diámetro medio gravas entre el coeficiente dispersión del diámetro medio.

Para estudiar el efecto del ganado se registró en campo el número de plántulas o plantas totales pisoteadas, o con señales de haber sido mordidas, y se calculó la abundancia de tallos recomidos en las parcelas del Jarama y del Lozoya (n° pies afectados por el ganado en río/ n° pies totales afectados por el ganado). Comparando las alturas medias iniciales (julio) de las parcelas con las finales (septiembre) se determina la afección del pastoreo. Se considera que la vegetación no está afectada por el pastoreo cuando no se encuentran indicios de la presencia del ganado y, por lo tanto, la altura media de los pies en septiembre es superior a la de julio. Cuando la altura media de septiembre ha disminuido 0-5 cm las parcelas se encuentran en

buen estado. Un rango de reducción de la altura media entre los 6 y los 10 cm corresponde con una afección media y una reducción de más de 10 cm supone que la presencia del ganado en las parcelas ha sido muy marcada y que su estado es muy malo. Asimismo, se estudia qué especie es la más afectada por la presencia de los ungulados (en tanto por ciento) como el nº individuos de una especie afectados por el pastoreo/nº total individuos de la especie. Finalmente, se asocia el daño del pastoreo con las bandas a través del cálculo de la frecuencia de plántulas y plantas en cada una de ellas.

2.4 Análisis estadísticos

Como el establecimiento depende de la existencia de avenidas y de sitios de reclutamiento adecuados se toman como variables para su estudio la distancia al agua, que servirá para determinar si han tenido lugar o no las avenidas y si el sustrato se encuentra húmedo, el índice de Fredde, que arrojará información sobre el espacio entre las partículas de arenas, gravas y cantos rodados del terreno, y la densidad de plantas y plántulas existentes ya que para una exitosa colonización la competencia inter e intra-específica debe ser baja. Estas mismas variables serán utilizadas para el estudio del crecimiento y la supervivencia.

Para evaluar si las variables biológicas y mesológicas restringían el crecimiento, establecimiento (o colonización) y la supervivencia de la regeneración, especialmente del taxa *Salix spp.*, y si la relación entre las variables y ambas tasas eran significativas se realizó una regresión lineal simple con el software R™. En concreto se analiza la relación entre la densidad total de tallos en la parcela con la distancia al agua y el índice de Fredde, la altura media de las plántulas 0+ con la densidad total de las parcelas, la distancia al agua y el índice de Fredde, la supervivencia al verano con la densidad, el índice de Fredde y la distancia al agua, la densidad de *Salix spp.* con la distancia al agua y la supervivencia de *Salix spp.* con la distancia al agua. Para aceptar o rechazar las hipótesis formuladas, es decir, para confirmar que el modelo explica si existe relación entre las variables y dicha relación es significativa se observa si el valor de la R^2 y la R^2 ajustada se encuentra próximo a 1 y se constata que el resultado de F y p-valor sean inferiores a 0,05. Por otro lado, se estudia si la supervivencia depende de la acción conjunta la densidad de individuos en la parcela, la distancia al agua y el índice de Fredde mediante una regresión lineal múltiple con el software R™. Se aplica la misma metodología para explicar la supervivencia de *Salix spp.* y la altura media de las plántulas 0+. Una vez realizado el análisis y estudiados los valores de R^2 , R^2 , F y p-valor.

Buscando responder a la hipótesis de que la primera banda de las parcelas, por su proximidad al agua, contiene un mayor número de individuos que las restantes, se realiza con R™ un pairwise T-Test con la corrección de Holm. El mismo test se aplica para responder a la preferencia del ganado por una clase de edad y una especie concreta frente a otra.

3 Resultados

Análisis de los cambios hidrológicos

De acuerdo con los datos de la estación foronómica 3153, y como queda recogido en la Tabla 1, el caudal medio del Jarama en el año hidrológico 2003 fue 6,33 m³/s, el máximo 50,11 m³/s, el mínimo 0,61 m³/s y se produjeron 45 crecidas (CEDEX, sfa). Los caudales de mayor magnitud (30-50 m³/s) tienen lugar los meses de primavera (CEDEX, sfa), ya que el Jarama se caracteriza por tener un régimen pluvionival, coincidiendo con el período de dispersión de las semillas de las salicáceas. En la Tabla 1 puede verse que en el 2019 el caudal medio fue 5,19 m³/s, el máximo 40,37 m³/s, el mínimo 2,68 m³/s y tuvieron lugar 14 crecidas (SAIH Tajo, 2020, CEDEXa, sf). Los caudales de mayor magnitud tienen lugar en primavera, encontrándose entre los 10-18 m³/s (CEDEX, sfa). Como se puede observar en la Figura 4, a partir del año 2002 se aprecia una regularización de los caudales medios diarios que se corresponde con la implantación de un caudal ecológico. Precisamente en 2002 se observan 203 crecidas, un caudal medio de 24,24 m³/s y un caudal máximo de 155,23 m³/s. Sin embargo, en 2018 no tuvo lugar ninguna crecida alta y el caudal máximo fue de 15,30 m³/s. Por último, mencionar que el río Jarama en los últimos tres años ha tenido unos caudales mínimos grandes (de más de 2 m³/s) que favorecen que el terreno aledaño a las riberas se mantenga constantemente húmedo (Figura 5).

Tabla 1. Caudales máximos, mínimos y medios (en m³/s) de los años hidrológicos 2002, 2003, 2018 y 2019 del río Jarama obtenidos de la estación de aforo 3153: Río Jarama en Valdepeñas de la Sierra (CEDEX, sf).

	2002	2003	2018	2019
Q máx. (m ³ /s)	155,23	50,11	15,30	40,37
Q. medio (m ³ /s)	24,24	6,33	4,41	5,19
Q. mín. (m ³ /s)	0,56	0,61	2,52	2,68
Nº crecidas (Q > 13,77 m ³ /s)	203,00	45,00	14,00	14,00

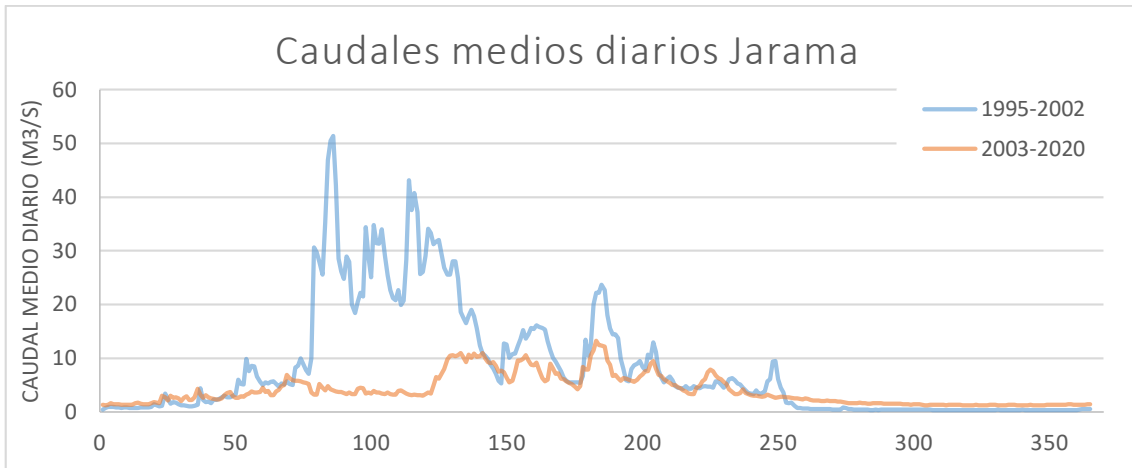


Figura 4. Regímenes de caudales diarios del río Jarama a la altura de Valdepeñas de la Sierra. Promedios de antes y después de 2002. Fuente: Elaboración a partir de los datos del CEDEX (sfa).

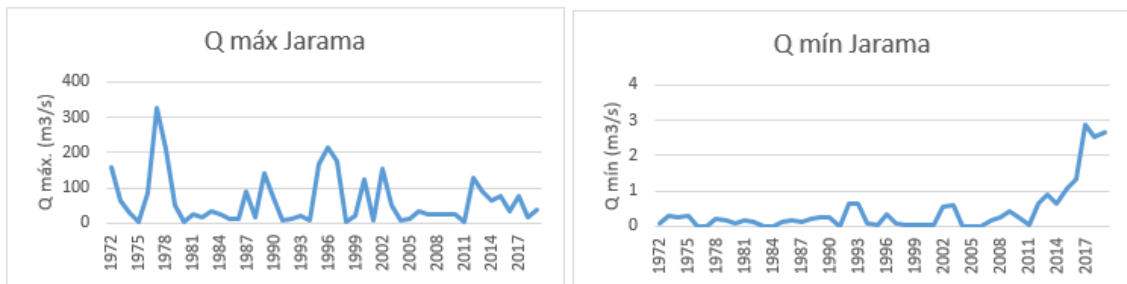


Figura 5. Caudales máximos y mínimos anuales en m³/s del río Jarama. Fuente: Elaboración a partir de los datos del CEDEX (sfa).

El río Lozoya también tiene un régimen pluvionival pero como puede notarse en la Figura 6 no presenta ningún tipo de regulación. No fue posible encontrar los caudales diarios para el año 2019 puesto que los datos disponibles en la estación foronómica 3002 abarcan el período 1966-2016 (CEDEX, sfb). Sin embargo, analizando la serie histórica (1995-2016) se observa que se trata de un río menos caudaloso, ya que es un afluente del río Jarama, y que ha mantenido a lo largo de los años unos estiajes marcados (Figura 7).

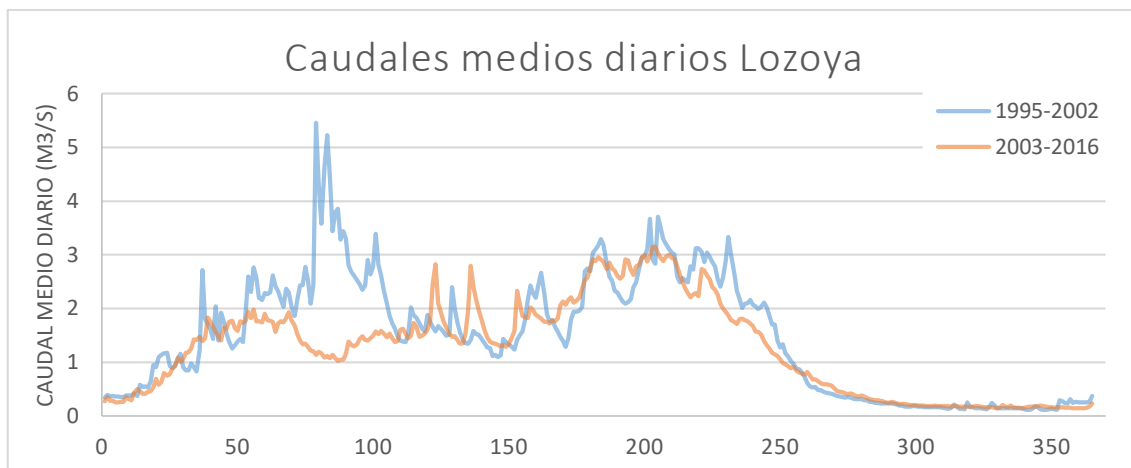


Figura 6. Regímenes de caudales diarios del río Lozoya a la altura de El Paular. Promedios de antes y después de 2002. Fuente: CEDEX (sfb).

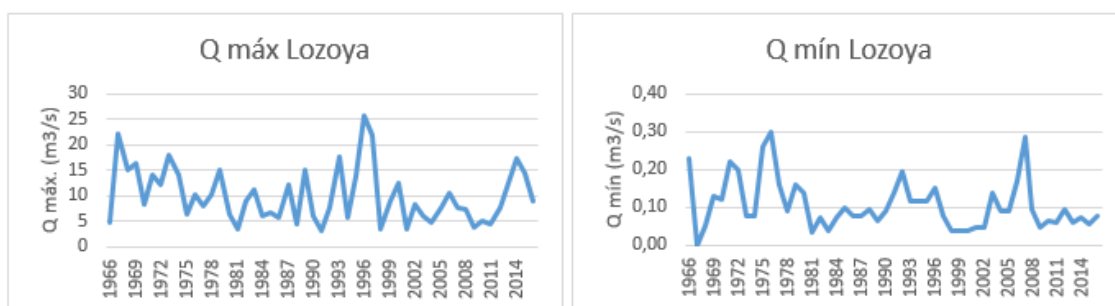


Figura 7. Caudales máximos y mínimos anuales en m³/s del río Lozoya. Fuente: CEDEX (sfb).

Parcelas de reclutamiento

Durante los recorridos a lo largo de los tramos fluviales se encontraron muy escasas zonas con reclutamiento de las especies de vegetación leñosas de ribera. Las zonas que potencialmente pudieran albergar regeneración riparia estaban o bien cubiertas de plantas herbáceas que ahogaban cualquier intento de germinación de semillas riparias, o bien tapadas por una densa cubierta de bosque maduro cuya sombra también impide dicha germinación. En concreto, durante la visita por varios tramos del río Jarama a la altura de El Molar y El Vellón, donde se emplazaron las parcelas de Mora-Navarro (2004), no se encontró ningún indicio de regeneración. Excepcionalmente fuimos capaces de encontrar algunas pequeñas zonas con algo de reclutamiento ripario. A la altura de Patones de Abajo sí se encontraron plántulas 0+ y fue aquí donde se pudieron establecer 4 parcelas. Estando la quinta parcela localizada en las proximidades de Uceda. En cuanto al río Lozoya, se buscó en campo indicios de regeneración en los tramos del río que circulan aguas abajo del embalse de Pinilla. A la altura de Pinilla del Valle y Los Grifos no se encontró regeneración, pero sí se detectaron en Alameda del Valle

(donde se establecieron 2 parcelas), en Oteruelo del Valle (1 parcela), y en Rascafría (1 parcela). En el Jarama las parcelas 1 y 4 se posicionaron sobre suelos arcillosos donde la cobertura herbácea era abundante y las parcelas 2, 3 y 5 se localizaron sobre suelos formados por arenas, gravas y cantos rodados con cobertura herbácea. El sustrato del río Lozoya se caracterizó por estar compuesto principalmente por cantos rodados con arenas y gravas y por carecer de cubierta herbácea.

En las 9 parcelas establecidas en tramos del Jarama y del Lozoya se muestrearon 1219 plántulas y plantones (julio y septiembre). Las especies de ribera identificadas fueron: *Alnus glutinosa*, *Populus nigra*, *Populus alba*, *Salix salviifolia*, *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*, *Salix fragilis*, *Salix atrocinerea*, *Fraxinus angustifolia* y *Tamarix spp.* En las parcelas del río Lozoya la especie más abundante en julio es *Populus nigra* (94,43%). En septiembre *Populus nigra* sigue siendo la especie más abundante (83,51%) pero se observa que *Salix salviifolia* aumenta su presencia notoriamente (12,73%). Comparando los datos de la Tabla 2 se puede afirmar que *Populus nigra* y *Fraxinus angustifolia* son las especies que mayor mortalidad tuvieron entre julio y septiembre. *Alnus glutinosa*, *Salix purpurea*, *Salix fragilis* y *Salix atrocinerea* aumentaron en unos pocos números sus ejemplares, pero no lo suficiente como para compensar la mortalidad. En el caso del río Jarama la composición de especies es más variada. *Fraxinus angustifolia* es la especie más representada en ambos meses, le siguen de cerca *Salix salviifolia*, *Alnus glutinosa* y *Populus nigra*. Como se puede apreciar en la Tabla 3, las especies de las cuales algunos ejemplares no sobrevivieron al verano fueron *Fraxinus angustifolia*, *Salix eleagnos*, *Populus alba*, y *Tamarix*. Sin embargo, *Salix salviifolia*, *Salix purpurea* y *Salix fragilis* se regeneraron compensando las pérdidas.

Tabla 2. Número de individuos y abundancia relativa (%) por especie en el río Lozoya en julio y septiembre.

Especies	Lozoya (julio)		Lozoya (septiembre)	
	Nº individuos	Abundancia (%)	Nº individuos	Abundancia (%)
<i>P. nigra</i>	475	94,43	400	83,51
<i>F. angustifolia</i>	19	3,78	9	1,88
<i>S. salviifolia</i>	6	1,19	61	12,73
<i>A. glutinosa</i>	0	0,00	1	0,21
<i>S. purpurea</i>	1	0,20	3	0,63
<i>S. fragilis</i>	1	0,20	4	0,84
<i>S. atrocinerea</i>	1	0,20	1	0,21
	503		479	

Tabla 3. Número de individuos y abundancia relativa (%) por especie del río Jarama en julio y septiembre.

Especies	Jarama (julio)		Jarama (septiembre)	
	Nº individuos	Abundancia (%)	Nº individuos	Abundancia (%)
<i>P. nigra</i>	18	16,36	15	11,81
<i>F. angustifolia</i>	30	27,27	47	37,01
<i>S. salviifolia</i>	20	18,18	24	18,90
<i>A. glutinosa</i>	19	17,27	19	14,96
<i>S. purpurea</i>	1	0,91	2	1,57
<i>S. fragilis</i>	0	0,00	1	0,79
<i>S. atrocinerea</i>	0	0,00	0	0,00
<i>S. eleagnos</i>	11	10,00	8	6,30
<i>P. alba</i>	9	8,18	8	6,30
<i>Tamarix spp.</i>	2	1,82	3	2,36
	110		127	

En el río Jarama la estructura en clases de edad está equilibrada (Figura 8). En julio la clase de edad más frecuente fue 1+ y en septiembre 0+ por lo que se constata que hay una regeneración. Por el contrario, la estructura de edades en el río Lozoya está claramente dominada por la clase de edad 0+ en ambos muestreos y, de hecho, son muchas las plántulas de esta clase de edad las que no sobreviven al verano (Figura 9).

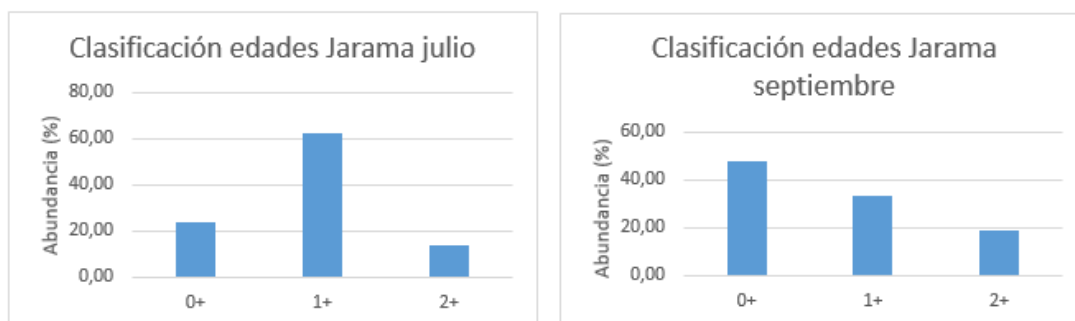


Figura 8. Clasificación por edades (0+, 1+ y 2+) de las plantas y plántulas muestreadas en los tramos del Jarama en los meses de julio y septiembre.

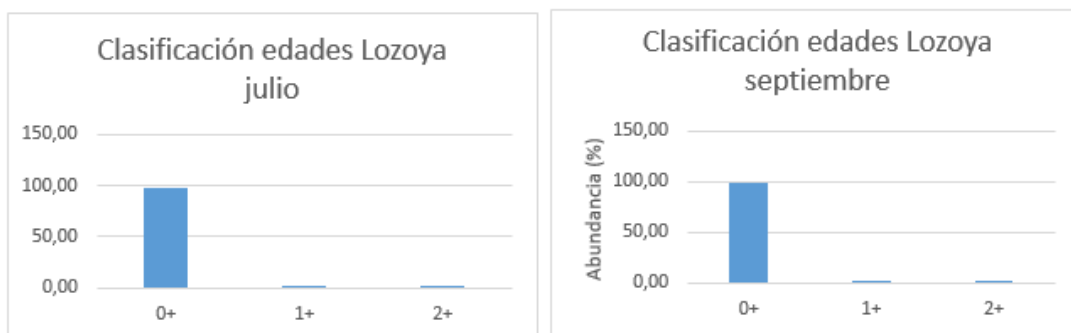


Figura 9. Clasificación por edades (0+, 1+ y 2+) de las plántulas y plantas muestreadas en los tramos del Lozoya en los meses de julio y septiembre.

A nivel de parcela se pueden consultar en la Tabla 4 las tasas de regenerado, mortalidad y supervivencia, así como la especie predominante en cada parcela. Como norma general en el Lozoya se observa que *Populus nigra* es la especie más abundante y que es el curso fluvial en el que se detecta mortalidad. En el Jarama la vegetación es mixta, se produce regeneración y la supervivencia es del 100% en todas las parcelas.

Tabla 4. Tasas de supervivencia (%), mortalidad (%) y regeneración (%) de las parcelas de los ríos Jarama y Lozoya. Especie más abundante.

Río	Parcela	Supervivencia (%)	Mortalidad (%)	Regeneración (%)	Especie más abundante
Jarama	1	100	0	33,33	<i>A. glutinosa</i>
	2	100	0	0	<i>P. alba</i> y <i>S. eleagnos</i> (julio) <i>F. angustifolia</i> y <i>A. glutinosa</i> (septiembre)
	3	100	0	22,22	<i>S. salviifolia</i>
	4	100	0	40,85	<i>F. angustifolia</i>
	5	100	0	5,96	<i>P. nigra</i>
Lozoya	6	100	0	0,89	<i>P. nigra</i>
	7	77,29	22,71	0	<i>P. nigra</i>
	8	94,51	5,49	0	<i>P. nigra</i>
	9	100	0	167,08	<i>S. salviifolia</i>

La vegetación de ribera de ambos ríos se distribuye por bandas en función del gradiente de humedad y del sustrato. Se observa que las especies más abundantes (*A. glutinosa*, *P. nigra*, *F. angustifolia* y *S. salviifolia*) tienen preferencia a aparecer con mayor frecuencia en las dos primeras bandas (Figuras 10 y 11). Sin embargo, también son capaces de establecerse en las bandas restantes, siendo cada vez menos abundante según aumenta la distancia al agua, a excepción de *F. angustifolia* en el Jarama. Revisando los datos de campo se nota que la banda 1 es la que mayores tasas de supervivencia y regenerado presenta (Tabla 5 en anexos). Dicha banda parece que contener también el mayor número de especies por m², pero tras realizar el análisis estadístico no se encuentran diferencias significativas entre las densidades de pies en cada banda y el número de banda.

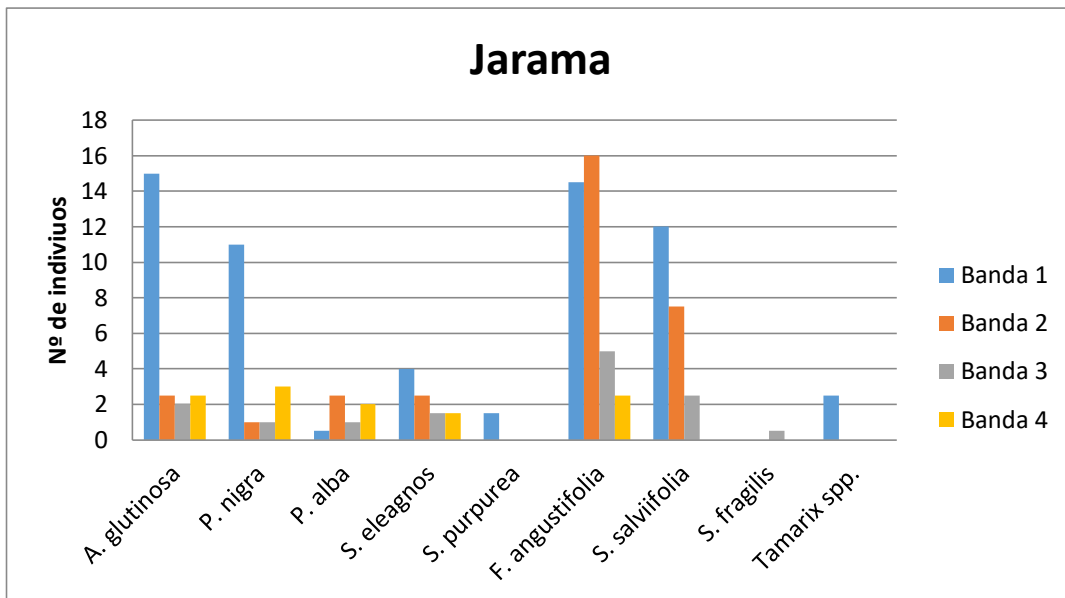


Figura 10. Distribución de especies por bandas en el río Jarama.

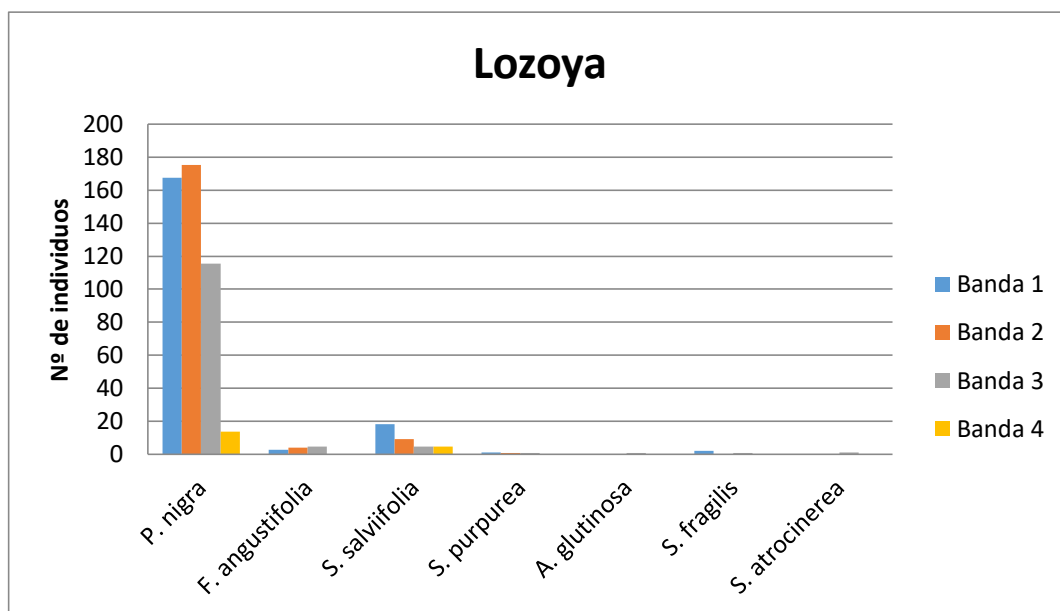


Figura 11. Distribución de especies por bandas en el río Lozoya.

Establecimiento de las plántulas

Para evaluar qué variables influyen en el establecimiento es necesario descartar aquellas parcelas en las que existe cobertura herbácea ya que esta compite con el reclutamiento y puede alterar los resultados. Como en 4 de las 5 parcelas del Jarama se detectó la presencia de vegetación herbácea y no se puede hacer una comparación de 1 parcela (Jarama) frente a 4 (Lozoya) se ha procedido a realizar el análisis de la colonización para ambos ríos de manera conjunta. En este experimento la relación densidad plántulas/planta y distancia al agua inversa

aunque no es significativa ya que la $R^2 = 0,01$ (p-valor= 0,85, F= 0,04) (Figura 12). En el trabajo de Mora-Navarro (2004) hay una fuerte relación creciente ($R^2 = 0,93$) entre la densidad de plántulas/plantas y la distancia al agua. Esto quiere decir, que a mayor distancia de la masa de agua superficial un mayor número de pies tendrá la posibilidad de establecerse.

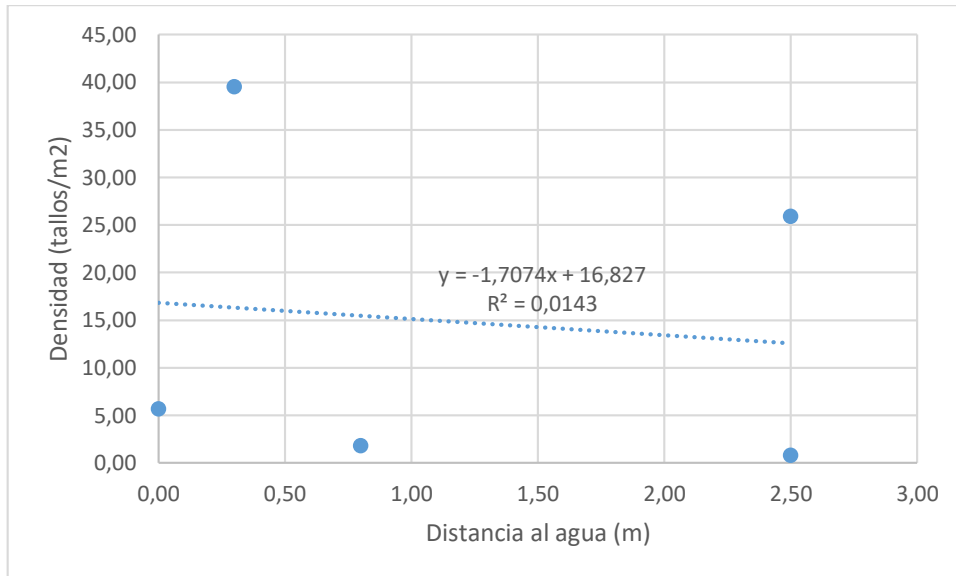


Figura 12. Relación entre la densidad (tallos/m²) y la distancia al agua (m).

Se analiza también la relación entre la densidad de tallos de *Salix spp.* y la distancia al agua. En 2020 se obtiene una $R^2 = 0,14$ (p-valor= 0,62, F= 0,33) (Figura 13), no existe relación entre ambas variables. En 2004 la distancia al agua tampoco es significativa ($R^2 = 0,002$).

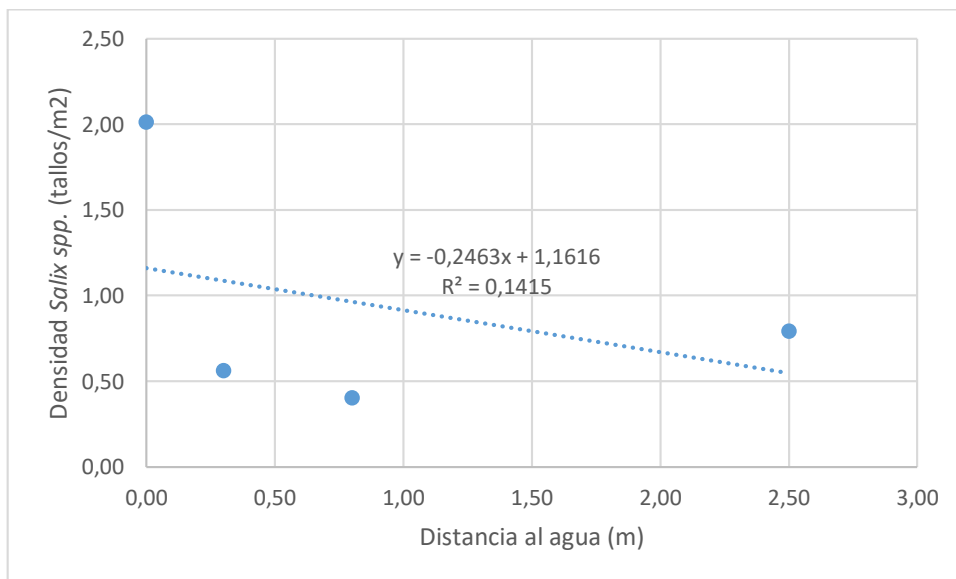


Figura 13. Relación de la densidad de *Salix spp.* (tallos/m²) y la distancia al agua (m).

La relación entre el índice de Freddle y la densidad de tallos es decreciente (Figura 14) pero no resulta significativa en ninguno de los dos experimentos (R^2 en 2004 = 0,51; R^2 2020 = 0,61, p-valor= 0,12, F= 4,6). Dicha relación decreciente demuestra que la densidad es mayor en aquellos lugares donde el espacio entre partículas es menor.

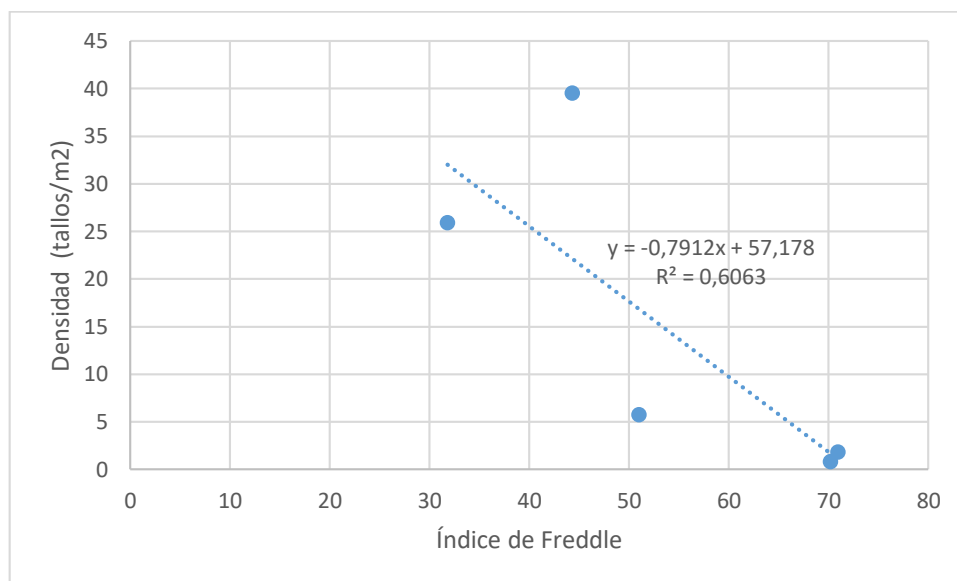


Figura 14. Relación entre la densidad (tallos/m2) y el índice de Freddle.

Crecimiento

En este caso se estudia si las variables densidad, distancia al agua o índice de Freddle influyen en el crecimiento natural de las plántulas 0+. Se tienen en cuenta solo los datos obtenidos en el muestreo de julio para la elaboración de este análisis estadístico que relaciona la altura media de las plántulas 0+ con la distancia al agua, la densidad de las plántulas 0+ y el índice de Freddle. En el caso de ambos experimentos tanto la densidad (2020: $R^2= 0,29$; p-valor= 0,13; F= 2,79, Figura 15) como la distancia al agua (2020: $R^2= 0,03$; p-valor= 0,66; F= 0,21, Figura 16) no tienen una relación significativa con la altura media de las plántulas 0+. Los resultados coinciden con los de Mora-Navarro (2004). En el experimento realizado en 2004 sí existe una relación significativa entre el índice de Freddle y la altura media 0+ ($R^2= 0,86$) por lo que se concluye que las plántulas alcanzan mayor tamaño en aquellos lugares donde el espacio entre gravas es menor. Sin embargo, en 2020 la relación no resulta significativa ($R^2= 0,49$; p-valor= 0,12; F= 3,92, Figura 17).

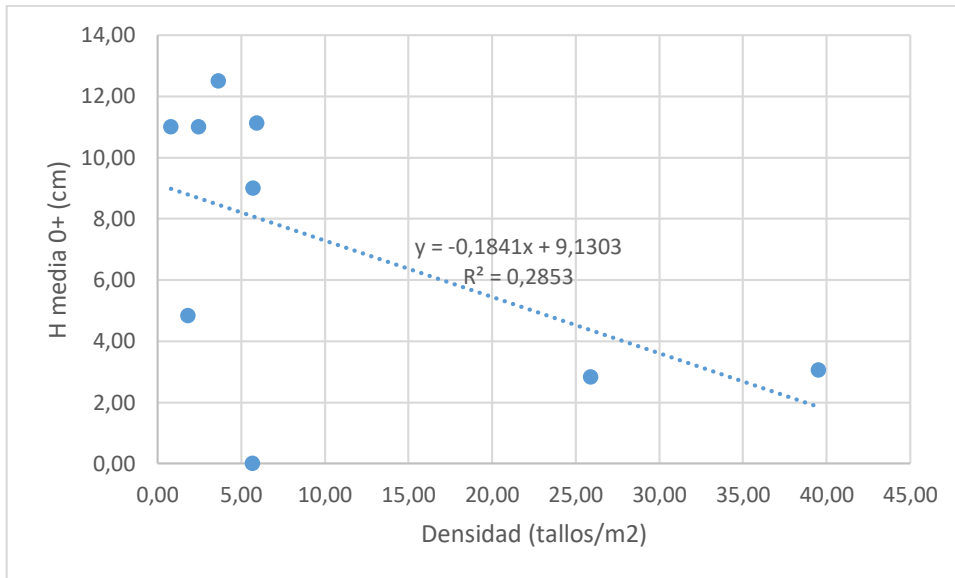


Figura 15. Relación entre la altura media de las plántulas 0+ (cm) y la densidad 0+ (tallos/m2).

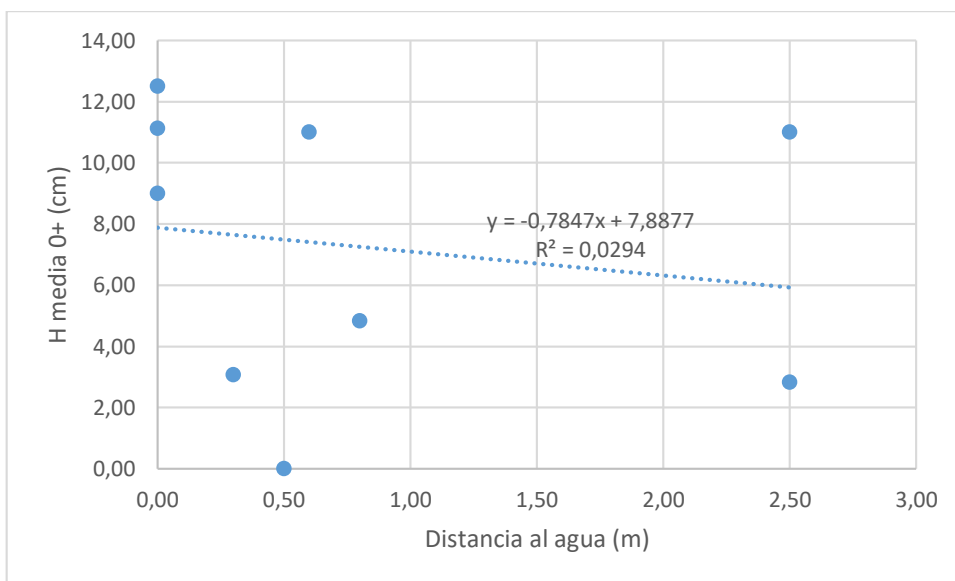


Figura 16. Relación entre la altura media de las plántulas 0+ (cm) y la distancia al agua (m).

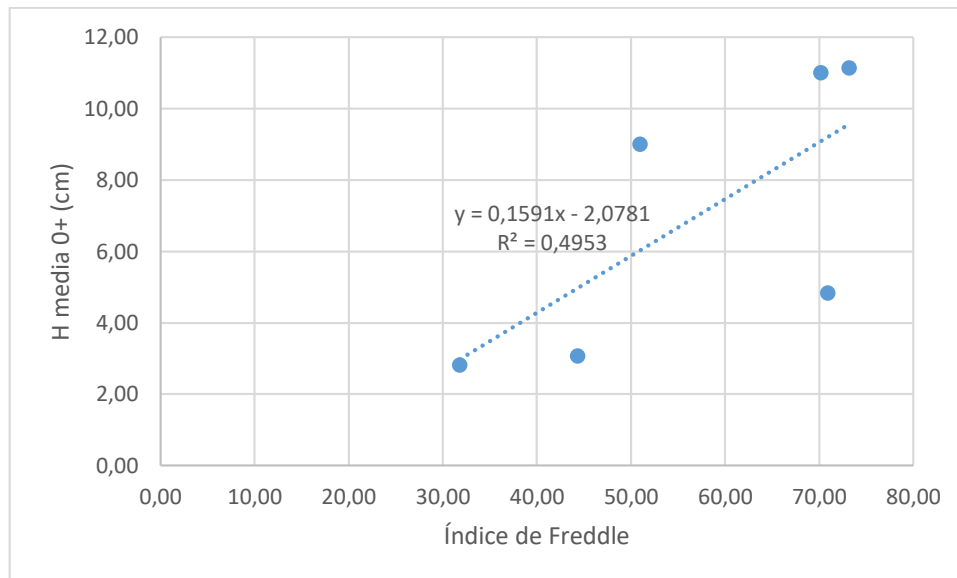


Figura 17. Relación entre la altura media de las plántulas 0+ (cm) y el índice de Freddle.

Supervivencia al verano

Para determinar si la supervivencia al verano depende de la densidad de pies, la distancia al agua y el índice de Freddle Mora-Navarro (2004) descarta las parcelas en las que notó presencia de cobertura herbácea. Elimina dichas parcelas porque la supervivencia podría verse afectada por la competencia inter e intra-específica. Aplicando esta metodología en el año 2020 se descartan 4 parcelas correspondientes al Jarama. Somos conscientes de que 5 parcelas no son las suficientes como para tener una fuerte base de datos que respalde los resultados obtenidos, pero aun así se ha optado por realizar el análisis unificando los datos de ambos ríos. La relación entre la supervivencia y la densidad es decreciente ($R^2= 0,53$; p-valor= 0,16; F= 3,36, Figura 18), es decir, a menor densidad mayor supervivencia. La relación entre la supervivencia y el índice Freddle no es significativa ($R^2= 0,03$; p-valor= 0,78; F= 0,09, Figura 19); el espacio entre gravas no tiene influencia alguna en la supervivencia al verano. Tampoco existe una fuerte relación creciente entre la supervivencia y la distancia al agua ($R^2= 0,24$; p-valor= 0,40; F= 0,95, Figura 20). Este último hallazgo es el que más difiere con Mora-Navarro (2004) que concluye que si existe evidencia estadística para afirmar que a mayor distancia al agua las plantas sobreviven menos. Para evaluarla relación entre la supervivencia al verano de *Salix spp.* con la distancia al agua tan solo se cuenta con 3 parcelas puesto que en 1 de las 4 en las que no hay cobertura herbácea tampoco hay presencia de *Salix spp.* en julio. Coincidiendo con el resultado del año 2004, la relación entre estas variables no resulta significativa ($R^2= 0,003$; p-valor= 0,94; F= 0,007, Figura 21).

Aunque la relación de la supervivencia con todas las variables de manera independiente no resulta significativa sí lo resulta cuando se analiza la interacción conjunta de la distancia al agua, la densidad y el índice de Freddle ($R^2= 1$; p-valor= 0,006; $F= 1,32 \times 10^{-4}$).

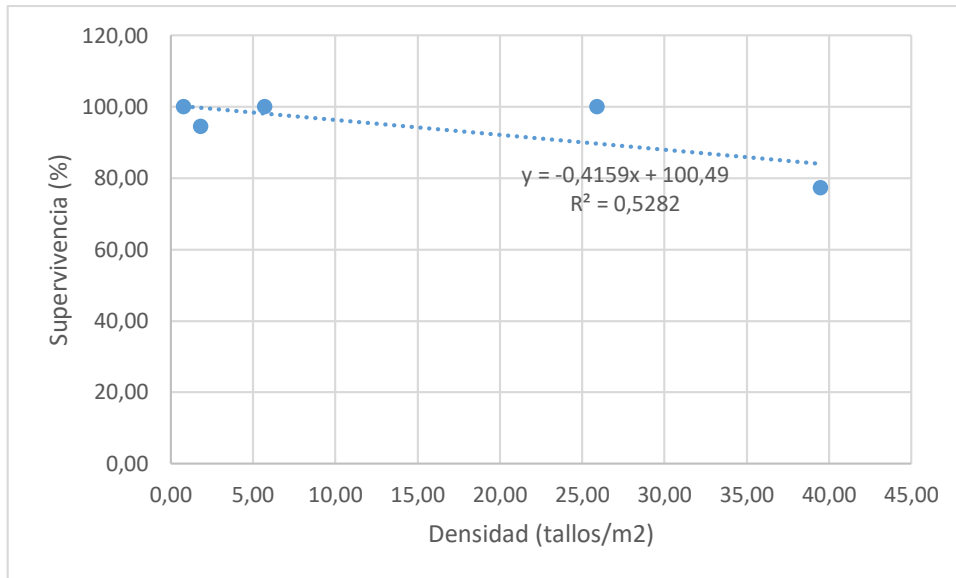


Figura 18. Relación entre la tasa de supervivencia (%) y la densidad (tallos/m2).

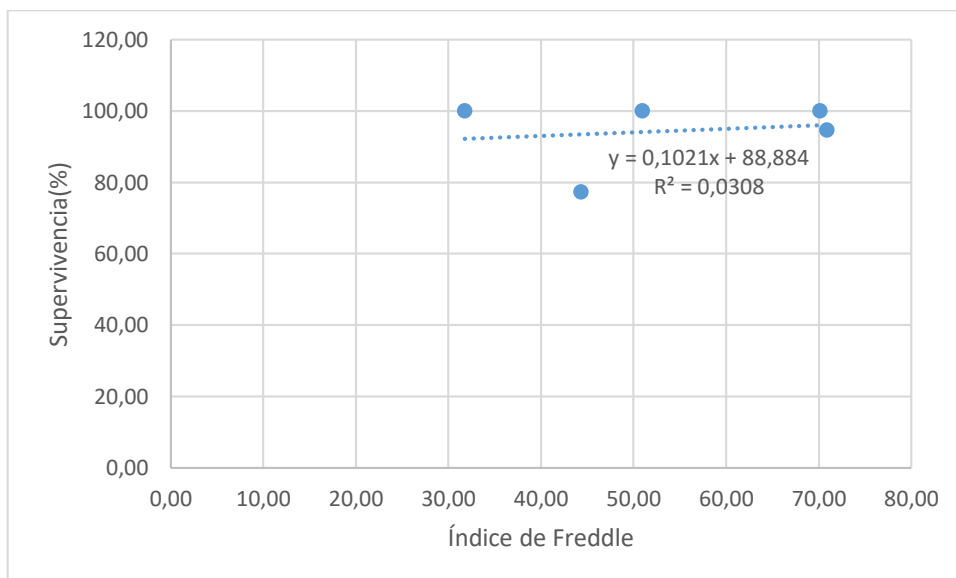


Figura 19. Relación entre la tasa de supervivencia (%) y el índice de Freddle.

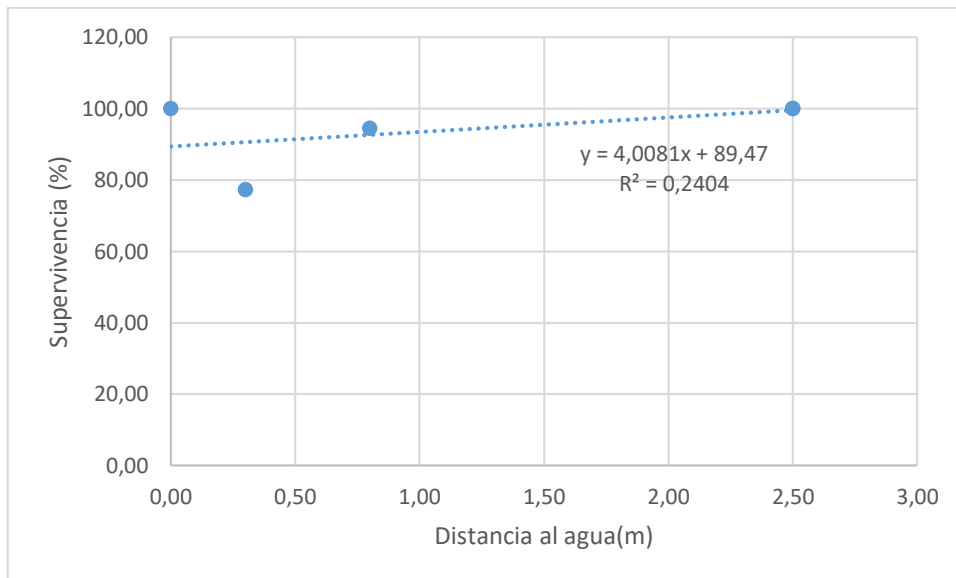


Figura 20. Relación entre la tasa de supervivencia (%) y la distancia al agua (m).

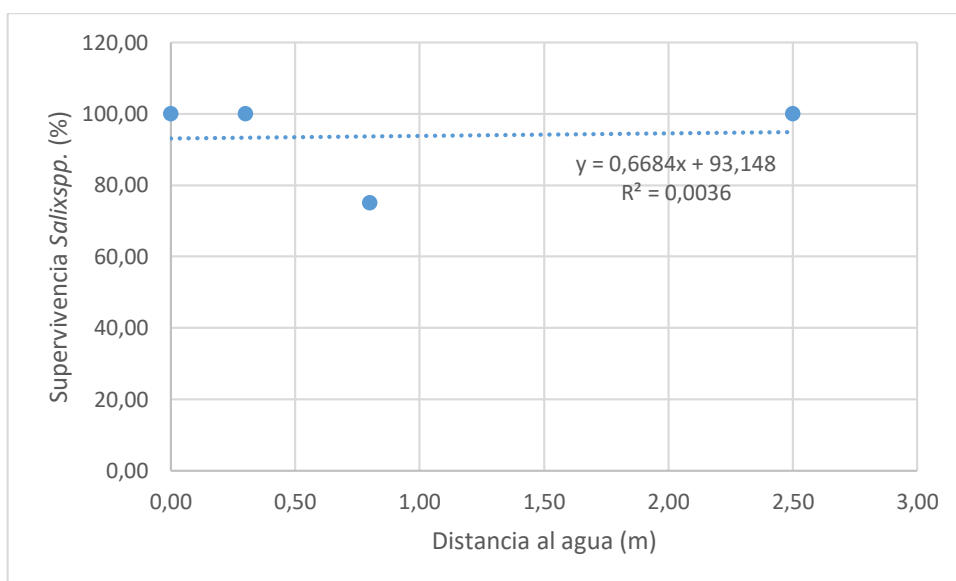


Figura 21. Relación entre la tasa de supervivencia (%) de *Salix spp.* y la distancia al agua (m).

Influencia del ganado

Un aumento de la altura media supone que el ganado no ha tenido acceso a las parcelas y una disminución indica lo contrario. En la Tabla 6 se puede advertir que en las parcelas 2, 3, 4 y 5 hay una reducción de la altura media por ello se considera que dos de ellas se encuentran muy pastadas y las otras dos poco pastadas. Por el contrario, en las parcelas 1, 6 y 7 la altura media aumenta por la ausencia del ganado y la regeneración se encuentra intacta (muy buen estado). Destacar que en la parcela 8 la altura varía mucho entre un mes y otro debido a errores

cometidos durante los muestreos, y que la altura media de la parcela 9 se reduce a pesar de que no se detectaron signos de la presencia del ganado de ahí que se considere que la regeneración en esta parcela está en un muy buen estado. De las 1219 plántulas y plantas muestreadas durante julio y septiembre 122 pies se vieron afectados negativamente por el ganado. Esta presión por parte de la fauna doméstica es mucho más marcada en el río Jarama, puesto que es en él donde se detecta un 87,70% de plántulas y plantas con daños en las hojas. De mayor a menor, las bandas más afectadas por el ganado fueron la 1, 2, 3 y 4. Tras realizar los pairwise T-Test no se encuentran evidencias de que el ganado prefiera consumir una especie frente a otra ni que se alimente específicamente de una clase de edad.

Tabla 6. Alturas medias (cm) por parcela en julio y septiembre.

		h media julio (cm)	h media septiembre (cm)	Estado
Jarama	Parcela 1	22,44	27,75	Buen estado, poca afección
	Parcela 2	19,89	15,17	Regular, afección media
	Parcela 3	32,56	26,17	Mal estado, afección alta
	Parcela 4	36,42	27,92	Mal estado, afección alta
	Parcela 5	27,65	24,24	Regular, afección media
Lozoya	Parcela 6	3,26	3,69	Buen estado, poca afección
	Parcela 7	3,06	5,45	Buen estado, poca afección
	Parcela 8	13,94	22,06	Buen estado, poca afección
	Parcela 9	27,75	14,94	Buen estado, poca afección

4. Discusión

Análisis de los cambios hidrológicos

Las crecidas y los caudales de gran volumen del Jarama en 2002 tuvieron lugar en marzo y favorecieron la creación de sitios adecuados para el reclutamiento puesto que se movieron muchos sedimentos que fueron depositados en zonas más bajas del río. En el 2003 los caudales en primavera adquirieron un volumen relativamente alto con lo cual las formas fluviales creadas en 2002 permanecieron húmedas y la cobertura herbácea del sustrato fue escasa por lo que las semillas que se dispersaron poco después de marzo pudieron germinar y la vegetación establecerse. Por el contrario, al no haber habido crecidas en los años 2018 y 2019, y ser los caudales menores, no se han creado estos espacios adecuados para el reclutamiento. Esto explica por qué este año la regeneración ha sido tan baja y por qué solo se pudieron establecer 9 parcelas frente a las 19 del 2004.

La diferencia entre el volumen de los caudales mínimos del Jarama en los años 2003 y 2019 se debe a que en el Plan Hidrológico de la Confederación del Tajo del sexenio 2011-2017 se obliga a establecer un caudal mínimo ecológico que permita mantener las comunidades acuáticas y la vegetación de ribera del ecosistema ripario (Real Decreto 1/2016, 2016). Por ello en 2003 la escasez de humedad edáfica en verano es un factor limitante para la vegetación mientras que en el 2019 no.

Parcelas de reclutamiento

Como consecuencia de la falta de crecidas, el estrechamiento de los cauces, la expansión en volumen de la vegetación, la existencia de cobertura herbácea y de bosques maduros, no se cumplieron las condiciones necesarias para que se produjese una abundante regeneración y que esta pudiese colonizar el terreno (González del Tánago y García de Jalón, 2017).

En las parcelas del Lozoya la especie más representada fue *P. nigra* de clase de edad 0+, tanto en julio como en septiembre. En este último mes se observa que *S. salviifolia* es la especie con mayor tasa de regeneración. Esto es debido a que la parcela 9 se encontraba posicionada sobre una isla, de un cauce encajonado, formada por cantos rodados y gravas desnudos a la que el acceso resultaba complicado. Sin embargo, la regeneración en las parcelas es poco abundante y a nivel general la regeneración no iguala o supera la tasa de mortalidad debido a las fuertes restricciones que las plántulas 0+ deben superar para establecerse. Las parcelas del río Jarama presentan una composición de especies y edades más variada. En ellas la tasa de regeneración superó a la de mortalidad levemente por lo cual existe proceso de regeneración, pero de poca importancia.

La cantidad de humedad presente en el sustrato determinará el número de individuos en cada localización (Tallent-Halsell y Walker, 2002). En la banda 1 es en la que se ha encontrado el mayor número de especies por m², pero no se posee evidencia estadística como para afirmar que a mayor distancia de las bandas (en las que se dividió las parcelas) al agua, menor número de pies. En esta primera banda se observan también las mayores tasas de supervivencia y regenerado. Las especies además tienen tendencia a situarse en las dos primeras bandas y van reduciendo su abundancia según va aumentando la distancia con respecto a la orilla ya que como discuten Keddy y Ellis (1985) en su artículo las especies de ribera son freatófilas y necesitan estar en contacto con el agua.

Establecimiento de las plántulas

En el 2020 no se han producido grandes avenidas, de hecho, los caudales más altos del río Jarama han tenido lugar en diciembre (8,95-40,37m³/s) y en el mes de marzo (7,46-18,44 m³/s). Los caudales de diciembre no han tenido influencia en la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas puesto que como indican Shafroth et al., (1998) para que se produzca la colonización las avenidas deben sincronizarse con el periodo de dispersión de las semillas (primavera-verano). Las variaciones sufridas por el caudal en marzo, por el contrario, sí pueden explicar la germinación de la vegetación riparia muestreada. Sin embargo, al ser estos caudales de pequeña magnitud tampoco han movido los suficientes sedimentos como para crear nuevas formas geomorfológicas compuestas de gravas y arenas en las que no hay o hay poca cubierta vegetal (González y Comín, 2010 y González et al., 2018). Además, como bien afirman García-Jalón et al. (2020) los ecosistemas riparios españoles se han expandido a lo largo y a lo ancho de los cauces desde 1956, por lo que todo el espacio disponible para la germinación de las semillas y el establecimiento de los chirpiales ya está ocupado por plantas herbáceas o vegetación madura que arrojan sombra sobre el sustrato y compiten con las plántulas 0+. Estos tres factores ayudan a comprender por qué la regeneración en el año 2020 ha sido tan escasa y por qué solo se han podido encontrar 9 parcelas de reclutamiento.

Entre otros motivos, para que las plántulas puedan establecerse deben estar situadas sobre sustratos húmedos. Tanto la sequía como la sobresaturación son condiciones no deseables que pueden contribuir a la mortalidad de la vegetación riparia durante su primer año de vida (Tallent-Halsell y Walker, 2002 y González y Comín, 2010). Es por esto que a mayor distancia del río un mayor número de plantas y plántulas podrán establecerse, aunque superado cierto punto, la densidad de la vegetación riparia empezará a disminuir para dar paso a la vegetación terrestre. Según los resultados obtenidos la densidad de *Salix spp.* no depende de la distancia al agua, pero como afirman Tallent-Halsell y Walker (2002) y Guillo y et al. (2011) las salicáceas son especies que suelen encontrarse cerca de la orilla de los ríos porque son muy vulnerables al déficit de humedad. Tampoco resultó significativa la relación entre la densidad de las plantas y plántulas con la distancia al agua, presumiblemente por la poca regeneración y porque el rango de distancias fue pequeño (0-2,5 m, mientras que en 2004 el rango fue 0-40 m).

La supervivencia y el establecimiento de las plántulas también dependen de la existencia de sedimentos finos ya que, a menor tamaño de partícula, menor espacio entre ellas y mayor capacidad de retención del agua (Cooper et al., 2013). Por este motivo se espera que la densidad de plántulas y plantas sea mayor en aquellas parcelas donde el índice de Fredde sea

menor. La relación entre estas dos variables es más fuerte en el año que en el 2004, aunque nuevamente los datos de 2020 no son realmente representativos al contar solo con 5 parcelas aptas para la realización de este análisis (sin cobertura herbácea y con presencia de arenas, gravas y/o cantos rodados).

Crecimiento

Populus spp. y *Salix spp.* se caracterizan por tener un rápido crecimiento (Stella y Battles, 2010). Este crecimiento de las plántulas depende del tipo de sustrato, la humedad del suelo y la luz (Mier, 2008 y González y Comín, 2010). Al relacionar las variables altura media de las especies de clase de edad 0+ con la densidad y la distancia al agua se obtiene que no existe una relación significativa entre ellas. Es decir, la competencia inter o intraespecífica y la cercanía o lejanía al curso fluvial no determinan que las plántulas crezcan más o menos. En su artículo Schaff et al. (2009) concluyen que la textura del suelo es el factor que mayor influencia tiene sobre el crecimiento y supervivencia de las salicáceas. Por ello el índice de Fredde es la variable que debe mostrar una relación significativa con el crecimiento. Las plántulas crecen más en aquellas parcelas donde el espacio entre partículas es menor debido a que tienen una mayor capacidad de retención de agua (Cooper et al., 2013). Los resultados en este caso no indican una fuerte relación entre ambas variables, pero esto puede ser debido al escaso número de datos disponibles (solo 6 de las 9 parcelas contaban con un sustrato formado por cantos rodados y/o gravas) y a que la ubicación de la regeneración está influenciada por otros factores.

Supervivencia al verano

La hipótesis de que la supervivencia dependa de la acción conjunta de la densidad, distancia al agua e índice de Fredde resulta significativa al realizar el análisis estadístico. Además, se obtiene una ligera relación decreciente significativa entre la supervivencia y la densidad de pies, lo que indica que una menor presencia de plantas en las parcelas estaría asociada a una mayor supervivencia. El resultado difiere con el obtenido por Mora-Navarro (2004), Laureysens et al. (2005) y McCracken et al. (2011), que señalan que no existe relación significativa entre ambas variables. En cambio, la relación entre la supervivencia y el índice de Fredde no resulta significativa ni en 2020 ni en 2004. Este resultado difiere con lo que indican Cooper et al. (2013) en su artículo, aunque esta falta de significación podría deberse a que cuando existe suficiente humedad y agua disponible el sustrato no es lo suficientemente limitante (González y Comín, 2010). En lo que refiere a la relación entre la supervivencia y la distancia al agua, para este experimento se obtiene que esta no es significativa y que la relación es creciente, a mayor

distancia a la orilla, mayor supervivencia. Nuevamente estos resultados contrastan enormemente con los de Mora-Navarro (2004), que correctamente concluye que existe una relación directa entre la supervivencia al verano y la distancia de las plantas y plántulas al agua. A mayor distancia del agua, menor supervivencia. Corenblit et al. (2007) afirman que cuando el nivel freático disminuye la vegetación más vulnerable a la sequía tiende a colonizar los espacios más cercanos a la orilla de los ríos. Al contar con 3 parcelas en las que se pudo calcular la supervivencia al verano de *Salix spp.* no es posible realizar ningún tipo de discusión porque se carece de una potente base estadística que pueda respaldar las hipótesis. Mora-Navarro (2004), por el contrario, sí puede afirmar que existe una fuerte relación entre estas 2 variables debido a que las especies del género *Salix spp.* son altamente vulnerables a la sequía (Guilloy-Froget, 2002).

Influencia del ganado

Los bosques de ribera son espacios que los pastores aprecian pues se trata de terrenos de baja pendiente que proporcionan una fuente de agua, sombra y alimento para el ganado (Kauffman y Krueger, 1984 y González et al., 2018). Además, los brinzales y chirpiales 0+ de las salicáceas son considerados como altamente palatables por el ganado (González et al., 2018). Las consecuencias de la presencia de animales domésticos sobre la vegetación riparia son el pisoteo y el arranque (Kauffman y Krueger, 1984). Las parcelas del río Jarama son las que más daño sufrieron. A priori llama la atención ya que durante las visitas realizadas al Lozoya se detectó cerca de las parcelas una yeguada y una pequeña vacada. Sin embargo, la menor presión de estos animales sobre las parcelas del experimento puede deberse a que sus dueños los mantienen alimentados con piensos, a que solo se les permita salir del recinto durante unas horas al día y a que en el Lozoya hay 4 parcelas (estando una de ellas localizada sobre una isla a la que el acceso no es sencillo) mientras que en el Jarama hay 5. Las bandas donde la presión del ganado fue más fuerte fueron las dos primeras. Esto es lógico puesto que la primera banda se encuentra más cercana al agua y la cuarta más alejada y la cercanía a una fuente de agua atrae con mayor fuerza la presencia del ganado. No se detecta la preferencia de los animales por consumir especies o clases de edades concretas.

5. Propuestas de restauración de la regeneración riparia

La regeneración y la colonización por parte de las plántulas es cada vez menos frecuente debido a que los bosques maduros ya han ocupado todo el espacio de la ribera evitando la entrada de luz en las zonas más bajas, la existencia de una cobertura herbácea competitiva y la

ausencia de avenidas que generen sitios de reclutamiento adecuados. Con el objetivo de favorecer la regeneración se proponen las siguientes medidas:

- Conseguir acordar con la Confederación Hidrográfica del Tajo la suelta de caudales generadores o avenidas naturales del Jarama en los meses de primavera. Con esto se intentaría sincronizar las avenidas con el período de dispersión de las salicáceas y favorecer el transporte y sedimentación responsables de la existencia de los sitios de reclutamiento.
- Eliminar barreras y escolleras longitudinales que limiten la inundación de las riberas permitiendo la regeneración riparia e impidiendo la incisión del cauce activo (Arizpe et al. 2008).
- Eliminar y destocoñar, en zonas adecuadamente seleccionadas, la vegetación leñosa que haya crecido para favorecer la dinámica geomorfológica del cauce y la presencia de una diversidad de estados de la sucesión ecológica fluvial (Arizpe et al. 2008).
- Restringir el acceso del ganado mediante vallado en aquellas zonas concretas donde interese que se produzca el regenerado al menos durante el primer año. Para ello es necesario realizar procesos participativos y campañas informativas con los propietarios de las tierras y los pastores.
- Eliminar la cobertura herbácea en los lugares de reclutamiento ya existentes (por ejemplo, islas y barras) con el fin de reducir la competencia.
- Apertura de claros mediante la eliminación de especies invasoras, de pies de especies altamente abundantes, de arbustos y vegetación herbácea que pueda competir con el regenerado (Arizpe et al. 2008).
- Colocación de sedimentos en puntos concretos del río que pretendan simular las formas hidrogeomorfológicas naturales, vigilando que no modifiquen la geomorfología natural del río.

6. Conclusiones

La regeneración de las saucedas arbustivas es cada vez más escasa en los ríos de la Comunidad de Madrid, independientemente de si estos se encuentran regulados o no, debido a las condiciones restrictivas para la colonización del terreno y, sobre todo, a la falta de espacio generada tanto por la expansión lateral como longitudinal de la vegetación y a la reducción de la magnitud y frecuencia de las avenidas. En los años hidrológicos 2018 y 2019 no tuvieron lugar grandes crecidas con capacidad para crear barras o islas de arenas, gravas y/o cantos

rodados por lo que tampoco existen nuevos lugares adecuados para el reclutamiento. En las parcelas del río Lozoya la poca regeneración encontrada está dominada por *P. nigra* y se encuentra en buen estado mientras que, en el Jarama, se encontraron indicios de regeneración de *F. angustifolia*, *S. salviifolia*, *P. nigra* y *A. glutinosa* cuyo estado varió en función de la cantidad e intensidad del pastoreo. En 2004 la regeneración fue más abundante debido a la existencia de grandes avenidas en el año hidrológico 2002 que movieron grandes cantidades de sedimentos que dieron lugar a la creación de sitios de reclutamiento adecuados. Algo similar ocurre en 2003 pero las crecidas tienen menor magnitud. Por ello, en el 2004 la tasa de regeneración es mayor que en el 2020, donde las avenidas fueron de menor magnitud y no se sincronizaron con el periodo de dispersión de las semillas de las salicáceas. Cabe destacar que en 2004 la falta de agua en el Jarama actuó como factor limitante y como consecuencia la supervivencia de los brinzales y chirpiales fue menor ese año. En las escasas zonas adecuadas para la regeneración ripícola, la regulación de caudales del río Jarama permite un reclutamiento anual escaso (0+) y una mayor supervivencia de plántulas 1+ y 2+, mientras que el régimen no regulado y más torrencial del Lozoya causa un predominante reclutamiento anual (0+) con una gran mortalidad del regenerado de años anteriores.

Tras estudiar la relación de las variables densidad, índice de Fredde y distancia al agua con los procesos de establecimiento y crecimiento no se obtienen resultados significativos, es decir, ninguna de esas variables los está restringiendo. En el caso de la supervivencia las variables de manera independiente no tienen una influencia directa sobre ella, pero al analizar la acción conjunta de dichas variables sí se obtienen resultados significativos. La supervivencia del regenerado, además de verse afectada por la presión del pastoreo, depende de la distancia al agua, la densidad de plantas de su entorno más próximo y del índice de Fredde.

Con el fin de fomentar la regeneración se propone realizar sueltas de caudales generadores en primavera con el fin de que se creen los sitios adecuados para el reclutamiento y que el sustrato se mantenga húmedo, eliminar todas aquellas estructuras artificiales que impidan la inundación y la vegetación leñosa, herbácea o invasora que puede competir con las plántulas 0+, restringir el acceso del ganado a los lugares donde se detecten señales de regeneración y, si fuese necesario (porque no existiesen a lo largo de los cauces), instalar formas hidrogeomorfológicas artificiales aptas que las especies de ribera puedan colonizar.

7. Bibliografía

- Aguirre, A. y, Gartzia-Bikuña, B. 2001. Conceptos básicos para la aplicación del caudal ecológico en los ríos ibéricos. *Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas (2. 2000)*. Congreso llevado a cabo en España.
- Arizpe, D., Mendes, A., & Rabaca, J. E. 2008. *Áreas de ribera sostenibles. Una guía para su gestión*, Generalitat Valenciana.
- CEDEX, sfa. Estaciones de Aforo: Datos de Estación foronómica. Estación 3153: Río Jarama en Valdepeñas de la Sierra. España: CEDEX. Disponible en: <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=3153>
- CEDEX, sfb. Estaciones de Aforo: Datos de Estación foronómica. Estación 3002: Río Lozoya en El Paular. España: CEDEX. Disponible en: <https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-datos.asp?indroea=3002>
- CIH y HGM, 2012. Evaluación preliminar del riesgo de inundación en la Demarcación Hidrográfica del Tajo. Disponible en: http://www.chtajo.es/LaCuenca/Planes/Riesgo_inundacion/Documents/EPRI/Mapas_EPRI_Tajo.pdf
- Confederación Hidrográfica del Tajo, sf. *Rasgos climáticos*. Disponible en: <http://www.chtajo.es/LaCuenca/MedioFisico/Paginas/RasgosClimaticos.aspx>
- Cooper, J.R., Aberle, J. y Tait, S.J. 2013. Influence of relative submergence on spatial variance and form-induced stress of gravel-bed flows. *Water Resources Research* 49 (9): 5765-5777.
- Corenblit D, Tabacchi E, Steiger J, Gurnell AM 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews* 84 (1-2): 56-86.
- García-Jalón, D., Martínez-Fernández, V., Fazelpoor, K. y González-Tánago, M. 2020. Vegetation encroachment ratios in regulated and non-regulated Mediterranean rivers (Spain): An exploratory overview. *Journal of Hydro-environment Research* 30 (2020): 35-44.
- Glenn-Lewin, D. C., Peet, R. K. y Veblen, T.T. 1992. *Plant Succession Theory and Prediction*, Boundary Row, Reino Unido, Chapman & Hall.
- González, E. y, Comín, F. 2010. Seed dispersal, germination and early seedling establishment of *Populus alba* L. under simulated water table declines in different substrates. *Trees* (2010) 24: 151-163.

- González, E., Bourgeois, B., Masip, A. y Sher, A. A. 2015. Trade-offs in seed dispersal strategies across riparian trees: the how matters as much as the when. *River research and applications* 32 (4): 786-794.
- González del Tánago, M. y García de Jalón, D., 2017. *Estrategia de restauración de ríos de la Comunidad de Madrid: Diseño metodológico*. Informe Técnico, 78 pp. Universidad Politécnica de Madrid. DOI: 10.13140/RG.2.2.27520.12809.
- González, E., Martínez-Fernández, V., Shafroth, P., Sher, A. A., Henry A. L., Garófono, V. y Corenblit, D. 2018. Regeneration of *Salicaceae* riparian forests in the Northern Hemisphere: A new framework and management tool. *Journal of environmental management* 218 (2018): 374-387.
- Guilloy-Froget, H. 2002. Evaluation des conditions favorables à l'établissement de *Populus nigra* et *Salix alba* en milieu riverain. Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Guilloy, H., González, E., Muller, E., Hughes, F. y Barsoum, N. 2011. Abrupt drops in water table level influence the development of *Populus nigra* and *Salix alba* seedlings of different ages. *Wetlands* 31 (6): 1249-1261.
- IDEM, sf. *Visor cartográfico de la Comunidad de Madrid*. Disponible en: <https://idem.madrid.org/visor/?&ZONE=460293.625916772.4525676.8743765885.12>
- IGME, sf. *Visor cartográfico: Mapa geológico continuo 1:50.000*. Disponible en: <http://info.igme.es/visorweb/>
- IGN, sf. Centro de descargas del CNIG (IGN). Madrid, España: Centro de descargas. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>
- Karrenberg S. y, Suter, M. 2003. Phenotypic trade-offs in the sexual reproduction of *Salicaceae* from flood plains. *American Journal of Botany* 90 (5): 749-754.
- Kauffman, J. y Krueger, W.C. 1984. Livestock Impacts on Riparian Ecosystems and Streamside Management Implications. A Review. *Journal of Range Management* 37 (5): 430-437.
- Keddy, P. A., y Ellis, T.H. 1985. Seedling recruitment of 11 wetland species along a water level gradient: shared or distinct responses? *Canadian Journal of Botany* 63 (10): 1876-1984.
- Laureysens, I., Deraedt, W. y Ceulemans, R. 2005. Population dynamics in a 6-year-old coppice culture of poplar: II. Size variability and one-sided competitions of shoots and stools. *Forest Ecology and Management* 218 (1-3): 115-128.
- Mahoney, J. y, Rood, S. Febrero de 1993. A model for assessing the effects of altered river flows on the recruitment of riparian cottonwoods. *A Western Regional Conference on River Management Strategies*. Conferencia llevada a cabo en Albuquerque, Nuevo Méjico.

- McCracken, A.R., Walsh, L., Moore, P.J., Lynch, M., Cowan, P. y Watson, S. 2011. Yield of willow (*Salix* spp.) grown in short rotation coppice mixtures in a long-term trial. *Annals of Applied Biology* 159 (2): 229-243.
- Mier, I. 2008. *Cottonwood establishment in a gravel-bed river*. Tesis de Doctorado, Universidad de Concepción, Chile.
- Mora-Navarro, B. 2004. *Colonization patterns of tree riparian vegetation along the Jarama river*. Trabajo de Fin de Máster, Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Prada, M. A., Rueda-Fernández, J., Magdleno, F. y Martínez, R. sf. *Salix* spp: Sauces y mimbres de riberas. *Pograma editorial del OAPN: Producción y manejo de semillas y plantas forestales, documento 08-Fichas de especies S-V*.
- Rapple, B., Piegay, H., Stella, J.C., Mercier, D., 2017. What drives riparian vegetation encroachment in braided river channels at patch to reach scales? Insights from anual airborne surveys (Drome River, SE France, 2005–2011). *Ecohydrology* 10 (8), e1886.
- Real Decreto 1/20016. Boletín Oficial del Estado nº 16, España, 19 de enero de 2016.
 Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-439
- SAIH Tajo, 2020. CH Tajo, SAIH Tajo. España: AR, *Aforos en ríos, AR16: Jarama en Valdepeñas de la Sierra*. Disponible en: <https://normasapa.com/como-citar-referenciar-paginas-web-con-normas-apa/>
- Schaff, S.D., Pezeshki, S.R. y Douglas-Shields, F. 2003. Effects of soils conditions on survival and growth of black willow cuttings. *Environmental Management*, 31 (6): 748-763.
- Shafroth, P., Auble, G., Stomberg, J. y Patten, D. 1998. Establishment of Woody riparian vegetation in relation to anual patterns of streamflow, Bill Williams River, Arizona. *Wetlands* 18 (4): 577-590.
- Stella, J. y, Battles, J. 2010. How do riparian woody seedlings survive seasonal drought? *Oecologia* 164 (3): 579-590.
- Stella, J., Battles, J., McBride, J. y Orr, B. 2010. Riparian Seedling Mortality from Simulated Water Table Recession, and the Design of Sustainable Flow Regimes on Regulated Rivers. *Restoration Ecology* 18 (S2): 284-294.
- Tallent-Halsell, N.G. y Walker, L.R. 2002. Responses of *Salix gooddingii* and *Tamarix ramosissima* to flooding. *Wetland* 22, 776-785.

Anexos

Tabla 5. Valores de densidad y tasas de supervivencia y regeneración por parcelas y por río.

Río	Parcelas	Densidad (pies/m ²)				Supervivencia (%)				Regenerado (%)			
		Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Jarama	1	12,09			1,10	100,00			100,00	37,50			0,00
	2	9,94	5,59	2,48	5,59	100,00	69,23	57,14	81,82	28,57	0,00	0,00	0,00
	3	29,41	20,59	14,71		100,00	100,00	100,00		0,00	40,00	66,67	
	4	0,47	0,42	0,11		8,32	4,75	4,16		0,00	0,00	0,00	
	5	6,04				100,00				5,88			
Lozoya	6	33,64	31,82	12,95		83,62	100,00	100,00		0,00	12,00	42,50	
	7	22,88	48,05	43,48	10,30	100,00	60,00	97,44	50,00	42,86	0,00	0,00	0,00
	8	2,44	0,41	2,85	1,22	100,00		100,00	50,00	20,00		0,00	0,00
	9	0,30				100,00				66,67			