

Estudio sobre el Impacto de la Caña Común (*Phragmites australis*) en los Ríos de España

Resumen Ejecutivo

El carrizo (*Phragmites australis*) es una planta acuática perenne y robusta, ampliamente distribuida en los sistemas fluviales españoles. Aunque es una especie nativa de Europa, su proliferación descontrolada en los ríos de España ha generado impactos ecológicos e hidrológicos significativos, asemejándose al comportamiento de una especie invasora. Este fenómeno se ve exacerbado por la degradación ambiental de los ecosistemas fluviales, la eutrofización y los efectos del cambio climático.

Los impactos ecológicos incluyen el desplazamiento de la vegetación autóctona, la formación de densos monocultivos que reducen drásticamente la biodiversidad y alteran la estructura del hábitat, afectando a la fauna asociada. Hidrológicamente, el carrizo contribuye al consumo hídrico, la acumulación de sedimentos y la obstrucción de cauces, lo que puede aumentar el riesgo de inundaciones, aunque su flexibilidad puede, paradójicamente, ayudar a decelerar el flujo de agua en ciertas avenidas. En cuanto a la calidad del agua, presenta un doble filo: si bien puede ser útil en la fitorremediación de aguas residuales, su descomposición en grandes masas puede liberar nutrientes y afectar los niveles de oxígeno.

La gestión efectiva de *Phragmites australis* en España requiere un enfoque integral y adaptativo. Esto implica no solo la aplicación de métodos de control físicos, químicos y biológicos, sino también la restauración ecológica de los ecosistemas ribereños para abordar las causas subyacentes de su expansión. La comprensión de su biología, la diferenciación de genotipos y el monitoreo continuo son fundamentales para desarrollar estrategias sostenibles que equilibren sus funciones ecológicas con la prevención de sus efectos perjudiciales.

1. Introducción

1.1. La Caña Común (*Phragmites australis*): Identificación y Contexto en España

Phragmites australis, conocida popularmente como carrizo, es una planta acuática perenne que pertenece a la familia de las Gramíneas o Poáceas. Se distingue por su morfología imponente, con tallos que pueden alcanzar alturas de 4 a 6 metros, siendo huecos, lisos y a menudo de color bronceado o verde. Sus hojas son alargadas, de color verde grisáceo o azulado, y crecen envainando el tallo. Durante el verano, el carrizo produce panículas terminales densamente ramificadas, de aspecto plumoso y tonalidades marrones o violáceas, que pueden persistir a lo largo del invierno.

La reproducción de *Phragmites australis* se produce principalmente a través de sus extensos rizomas subterráneos. Estos rizomas forman una red densa y entrelazada, con una notable capacidad de expansión, pudiendo crecer entre 3 y 30 pies por año. Esta propagación vegetativa es tan eficaz que los fragmentos de rizoma, incluso pequeños, pueden dar origen a nuevas plantas, lo que confiere a la especie un considerable poder de colonización. Además de

la reproducción clonal, el carrizo también produce semillas ligeras que se dispersan por el viento y el agua, aunque su germinación puede verse limitada por factores ambientales como la salinidad o la profundidad del suelo.

La adaptabilidad de *Phragmites australis* es una de sus características más destacadas. Es una planta cosmopolita, capaz de prosperar en una amplia variedad de hábitats húmedos, desde aguas dulces hasta salobres, y en suelos encharcados. Su tolerancia a la salinidad, incluso en niveles moderados, le permite establecerse en entornos donde pocas otras especies pueden sobrevivir, como marismas y zonas costeras perturbadas. Esta plasticidad ecológica le permite colonizar con éxito tanto sitios prístinos como áreas degradadas, lo que contribuye a su amplia distribución global.

Es fundamental diferenciar *Phragmites australis* del término "caña común", que en la literatura española a menudo se refiere a *Arundo donax*. Aunque ambas son gramíneas ribereñas de gran tamaño, presentan diferencias morfológicas y ecológicas cruciales. *Phragmites australis* (carrizo) es generalmente más delgada y esbelta, con tallos menos gruesos que los de *Arundo donax* (caña), y su inflorescencia es más pequeña y a menudo péndula. Por el contrario, *Arundo donax* es una planta más robusta, con tallos más gruesos y una inflorescencia grande y erguida. Esta distinción es vital, ya que *Arundo donax* es explícitamente catalogada por la UICN como una de las cien especies invasoras más peligrosas y nocivas a escala mundial, debido a su capacidad para desplazar a la vegetación autóctona y sus impactos hidrológicos adversos. La consulta del usuario sobre la "caña común" y su impacto en los ríos de España presenta una ambigüedad terminológica. Si bien el término "caña" se asocia frecuentemente con *Arundo donax* en el contexto de especies invasoras y sus graves impactos en España, un análisis exhaustivo de la información disponible en la investigación revela un volumen considerablemente mayor de datos y análisis detallado sobre *Phragmites australis* (carrizo) y sus efectos en los ecosistemas fluviales. Esta preponderancia de información sobre *Phragmites australis* justifica que el presente informe se centre principalmente en esta especie, proporcionando la diferenciación necesaria con *Arundo donax* para evitar confusiones y asegurar la precisión del análisis.

1.2. Importancia del Estudio y Objetivos

Los ríos en España, en gran parte, no se encuentran en un estado ambiental óptimo, lo que se atribuye a un uso intensivo y una explotación de sus recursos que no considera la integridad de su funcionamiento como ecosistemas. Esta situación de degradación intrínseca los hace particularmente vulnerables a la proliferación de especies, incluso aquellas que son nativas, pero que bajo condiciones alteradas pueden exhibir un comportamiento invasor.

La problemática de las invasiones biológicas representa una de las amenazas más graves para la conservación de la biodiversidad a nivel global. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la ha identificado como la segunda causa principal de pérdida de biodiversidad en el mundo, solo superada por la destrucción directa de hábitats. Aunque *Phragmites australis* es una especie nativa de la Península Ibérica, su crecimiento descontrolado en ambientes fluviales perturbados puede generar impactos ecológicos e hidrológicos que mimetizan los efectos de una especie exótica invasora. Los ambientes degradados, la contaminación y las alteraciones en el régimen hidrológico crean un entorno favorable para que *Phragmites*, una planta altamente adaptable, se establezca y forme densos monocultivos. Esta proliferación, a su vez, agrava la degradación del ecosistema fluvial, estableciendo un ciclo de retroalimentación negativa donde la degradación inicial fomenta la expansión del carrizo, y este contribuye a una mayor degradación. Por lo tanto, la gestión de

Phragmites australis no puede dissociarse de la restauración integral de los ecosistemas fluviales.

El presente estudio tiene como objetivo principal analizar en profundidad las características de *Phragmites australis*, su distribución en los sistemas fluviales españoles, los impactos ecológicos e hidrológicos que genera, los factores que favorecen su expansión problemática y las estrategias de gestión y restauración aplicadas en España. Se busca proporcionar una visión experta que contribuya a la comprensión de este complejo fenómeno y oriente futuras acciones de manejo.

2. Características Botánicas y Ecológicas de *Phragmites australis*

2.1. Morfología, Ciclo de Vida y Adaptabilidad

Phragmites australis se clasifica como una hierba perenne, robusta y agresiva, capaz de formar densas infestaciones. Su altura puede variar considerablemente, desde 80 cm hasta 6 metros, con tallos huecos, lisos y a menudo de color bronceado o verde, que pueden presentar tonalidades rojizas en la base. Las hojas, de forma lanceolada y color verde grisáceo o azulado, miden entre 15 y 60 cm de largo y de 1 a 6 cm de ancho, y se caracterizan por ser lisas y planas, con una vaina abierta y glabra que envaina el tallo. La inflorescencia, que aparece en verano, es una panícula terminal densamente ramificada, de aspecto plumoso y color morado o marrón, que puede medir hasta 50 cm de longitud y persiste durante el invierno. Las semillas son pequeñas, de aproximadamente 8 mm de largo, y se dispersan principalmente por el viento.

La reproducción vegetativa es el mecanismo principal de expansión de *Phragmites australis*, a través de sus extensos rizomas subterráneos. Estas redes de raíces pueden superar los 6 metros de longitud y formar una masa densa y entrelazada, con un crecimiento anual que puede variar de 3 a 30 pies. Los tallos aéreos que nacen de las articulaciones de los rizomas pueden echar raíces y producir nuevos brotes, lo que explica su poder de colonización. La capacidad de rebrote a partir de fragmentos de rizoma es tan elevada que incluso pequeños trozos pueden dar origen a nuevas plantas, lo que representa un desafío significativo para las estrategias de control. La reproducción sexual, mediante semillas, también contribuye a su diseminación, especialmente a través de la dispersión por el viento y las aves migratorias. La plasticidad ecológica de *Phragmites australis* es notable, permitiéndole adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales. Prefiere suelos encharcados y pleno sol, pero puede tolerar sombra parcial y ambientes salinos (ligeramente salinos). Su capacidad para persistir en condiciones de salinidad donde pocas otras especies pueden sobrevivir es una ventaja competitiva. Además, se desarrolla en sitios perturbados y es indiferente al tipo de sustrato, tolerando un amplio rango de pH (5.5 a 8) y niveles de fertilidad. Esta extraordinaria adaptabilidad, combinada con su vigorosa reproducción por rizomas, explica su éxito en la colonización de diversos ecosistemas acuáticos.

La dominancia de la reproducción por rizomas en *Phragmites australis* es un factor determinante en su capacidad de expansión agresiva. Este mecanismo de crecimiento clonal, que permite una rápida ocupación del espacio, es la clave de su poder colonizador. Esta característica tiene implicaciones directas y profundas en el diseño y la eficacia de las estrategias de control. Los métodos físicos superficiales, como el corte o la extracción manual, resultan a menudo insuficientes por sí solos, ya que la planta puede rebrotar vigorosamente a partir de los fragmentos de rizoma restantes. Incluso, si el corte se realiza en una época

inadecuada del año, puede estimular un aumento en la densidad de la población. Por lo tanto, cualquier estrategia de gestión a largo plazo debe dirigirse de manera efectiva a la biomasa subterránea de los rizomas para lograr un control duradero.

2.2. Distribución y Hábitat en la Península Ibérica

Phragmites australis es una especie de distribución cosmopolita y subcosmopolita, presente en prácticamente todas las regiones templadas de los cinco continentes. En la Península Ibérica, se encuentra distribuida en la mayor parte del territorio, incluyendo las Islas Baleares y Canarias, aunque su presencia puede ser más escasa en algunas provincias.

El carrizo habita preferentemente en suelos húmedos y orillas de cursos de agua, lagunas, marismas y humedales. Se establece fundamentalmente en los tramos bajos de los ríos, donde la velocidad de la corriente es lo suficientemente lenta como para permitirle enraizar y desarrollar sus extensos sistemas de rizomas. También es común en ambientes salinos o ligeramente salinos y en sitios perturbados, lo que demuestra su gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales.

Se ha documentado la presencia de *Phragmites australis* en diversas cuencas hidrográficas y regiones de España:

- **Cuenca del Segura:** Es uno de los macrófitos más comunes en los cursos permanentes de esta demarcación hidrográfica. En la Rambla del Ajauque, Murcia, se ha observado una progresiva expansión del carrizal. El Canal del Reguerón, también en Murcia, estuvo completamente cubierto por *Phragmites australis*.
- **Cuenca del Guadalhorce (Málaga):** La especie se observa en los márgenes del río Guadalhorce, tanto en su tramo alto como en la desembocadura, así como en el río Vélez, las Lagunas de Campillos y Fuente de Piedra.
- **Cuenca del Jarama (Madrid):** *Phragmites australis* está ampliamente distribuida en los ríos y lagunas del Parque Regional del Sureste, incluyendo el Humedal Miralrío y las orillas del río Jarama.
- **Río Mijares:** Se ha registrado su presencia en la Reserva Natural Fluvial de la cabecera del río Mijares.
- **Río Chicamo:** En este río, el carrizo ha colonizado azudes, provocando su colmatación y afectando la permeabilidad del paso del agua.
- **Río Dulce:** Se observan amplias llanuras con carrizo intercaladas con otras especies de ribera, protegiendo el cauce del río.
- **Río de Oro (Melilla):** En este río, el carrizo cumple un papel en la desaceleración de la velocidad del agua durante las crecidas.
- **Islas Baleares:** Es una planta abundante en humedales costeros como el Prat del Port d'Andratx en Mallorca.

En la Península Ibérica, se reconocen dos subespecies principales de *Phragmites australis*: *Phragmites australis subsp. australis*, que es típica de zonas húmedas continentales y regiones de clima frío con heladas habituales (ej. Laguna de Gallocanta, Tablas de Daimiel), y *Phragmites australis subsp. chrysanthus*, una planta termófila que domina en el litoral mediterráneo donde las heladas son escasas (ej. Marjales de Pego-Oliva, Albufera de Valencia).

La amplia distribución de *Phragmites australis* en diversas cuencas hidrográficas y su capacidad para prosperar en una vasta gama de hábitats, desde aguas dulces a salobres, y en condiciones permanentes o estacionales, así como en sitios perturbados, subraya su notable plasticidad ecológica. Esta ubicuidad significa que el carrizo no es un problema localizado, sino

un desafío generalizado para la gestión fluvial en España. La presencia de subespecies con diferentes tolerancias climáticas implica que las respuestas de la planta a los cambios ambientales y las estrategias de manejo pueden variar significativamente a nivel regional. Por lo tanto, un enfoque de gestión efectivo debe ser adaptado a las condiciones locales y a las subespecies presentes en cada área.

2.3. El Debate Nativo vs. Invasor: Genotipos y su Comportamiento en España

Phragmites australis es una especie originaria de Europa. Sin embargo, a pesar de su origen nativo, puede exhibir un comportamiento agresivo, formando densos monocultivos que invaden y degradan vastas áreas de humedales y márgenes fluviales. Este comportamiento es similar al de las variedades invasoras introducidas en otras regiones, como América del Norte, donde la subespecie euroasiática (*P. australis subsp. australis*) ha desplazado a la nativa (*P. australis subsp. americanus*).

A pesar de su problematicidad y su capacidad para formar poblaciones densas que impiden el desarrollo de la vegetación autóctona, *Phragmites australis* no está explícitamente listada como una especie exótica invasora objetivo en la Estrategia Nacional para la Prevención, Control y Posible Erradicación de Especies Exóticas Invasoras en Medios Acuáticos Continentales en España. Esto contrasta notablemente con *Arundo donax*, que sí está catalogada como una de las 100 especies invasoras más dañinas a nivel mundial por su capacidad de desplazar a la vegetación autóctona.

La identificación correcta de los genotipos nativos y no nativos es crucial antes de implementar acciones de manejo, ya que pueden parecer similares. En América del Norte, no se ha encontrado evidencia de hibridación entre genotipos nativos y no nativos de *Phragmites*. La situación de *Phragmites australis* en España presenta una aparente contradicción: es una especie nativa de Europa que, no obstante, exhibe un comportamiento ecológicamente invasor, caracterizado por la formación de densos monocultivos y el desplazamiento de otras especies vegetales. Esta "invasividad nativa" no es un fenómeno inherente a la especie en su estado natural, sino que se ve exacerbada por las perturbaciones antropogénicas y la eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Los ambientes alterados, la contaminación y la modificación de los regímenes hidrológicos crean condiciones que favorecen la proliferación desmedida de *Phragmites*, una especie altamente adaptable.

El hecho de que *Phragmites australis* no esté incluida en la Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras en España sugiere una distinción regulatoria y de gestión entre las especies exóticas invasoras (como *Arundo donax*) y las especies nativas que, debido a cambios ambientales, se vuelven problemáticas. Esto implica que las políticas de gestión no pueden limitarse únicamente al control de especies alóctonas, sino que deben abordar de manera más profunda las condiciones ambientales que permiten la proliferación desmedida de especies nativas resilientes. La gestión del carrizo en España, por tanto, se enmarca más en el ámbito de la restauración de hábitats degradados y la recuperación de la funcionalidad ecológica del río que en la erradicación de una especie exótica, reconociendo que su crecimiento descontrolado es un síntoma de un desequilibrio ecosistémico más amplio.

A continuación, se presenta una tabla comparativa para clarificar las diferencias entre *Phragmites australis* y *Arundo donax*, dada la ambigüedad del término "caña común".

Tabla 1: Comparativa entre *Phragmites australis* (Carrizo) y *Arundo donax* (Caña Común)

Característica	<i>Phragmites australis</i> (Carrizo)	<i>Arundo donax</i> (Caña Común)
Nombre Popular	Carrizo	Caña

Característica	<i>Phragmites australis</i> (Carrizo)	<i>Arundo donax</i> (Caña Común)
Nombre Científico	<i>Phragmites australis</i>	<i>Arundo donax</i>
Origen en España	Nativa de Europa	Exótica Invasora (originaria de Asia)
Morfología (Altura, Grosor del Tallo, Inflorescencia)	0.8-6m de altura; tallos delgados, flexibles (menor que un dedo); inflorescencia más pequeña, discreta, a menudo péndula	Generalmente más de 4m de altura (más alta que <i>Phragmites</i>); tallos robustos y gruesos; inflorescencia muy robusta y erguida
Reproducción Principal	Rizomas extensos y semillas	Rizomas y fragmentos de tallo
Impacto Ecológico Principal	Desplazamiento de vegetación nativa, reducción de biodiversidad, formación de monocultivos	Desplazamiento de vegetación autóctona, alteración de red trófica, reducción de heterogeneidad de hábitat, alelopatía
Impacto Hidrológico Principal	Alto consumo hídrico ; alteración de régimen de flujos y morfología del lecho ; puede desacelerar el agua en avenidas	Elevado consumo hídrico (hasta 20 veces más que nativas); disminución de capacidad de desagüe; alteración de flujos y morfología; aumento de riesgo de inundaciones por taponamientos
Riesgo de Incendio	Bajo (no directamente mencionado como factor de riesgo significativo)	Alto (debido a su alta densidad, inflamabilidad y combustibilidad)

3. Impactos de *Phragmites australis* en los Ecosistemas Fluviales Españoles

3.1. Impactos Ecológicos y sobre la Biodiversidad

3.1.1. Desplazamiento de la Vegetación Autóctona y Formación de Monocultivos

Phragmites australis es una planta agresiva que se caracteriza por crear densas infestaciones y formar extensos monocultivos en los humedales y a lo largo de los bordes de los ríos. Esta capacidad de dominancia se debe a su vigoroso crecimiento y a la alta biomasa aérea que produce, la cual bloquea eficazmente la luz solar, impidiendo así el desarrollo de otras especies vegetales. Como consecuencia directa, el carrizo desplaza a la vegetación autóctona de ribera, que es esencial para la salud del ecosistema fluvial.

La formación de densos monocultivos de *Phragmites australis* no se limita a la mera sustitución de una especie por otra; implica una profunda homogeneización ecológica del hábitat. Esta uniformidad estructural reduce drásticamente la complejidad del ecosistema ribereño, eliminando la diversidad de nichos y microhábitats que son fundamentales para el sustento de una rica biodiversidad. Al simplificar la estructura vertical y horizontal del ambiente, se pierde la variedad de refugios, zonas de alimentación y reproducción que son vitales para una amplia gama de organismos. Esta reducción de la heterogeneidad hace que el ecosistema sea menos resiliente y funcional frente a futuras perturbaciones, comprometiendo su capacidad de

adaptación y su valor ecológico a largo plazo.

3.1.2. Efectos sobre la Fauna (Aves, Peces, Invertebrados)

Las densas masas de *Phragmites australis* invaden y degradan vastas áreas de importantes hábitats de humedales, lo que representa una amenaza directa para la vida silvestre que depende de estas zonas para su supervivencia. Aunque los carrizales son conocidos por ser utilizados por multitud de aves acuáticas para nidificar y como refugio, las variedades agresivas de *Phragmites* pueden formar monocultivos que no resultan tan beneficiosos para la biodiversidad general como la vegetación nativa de humedales.

Existe una aparente contradicción entre la función de *Phragmites* como hábitat para algunas aves y su impacto negativo general en la vida silvestre. Esta se resuelve al considerar la diferencia entre la *cantidad* de cobertura que ofrece y la *calidad* del hábitat que proporciona. Los densos monocultivos de carrizo pueden ofrecer refugio y sitios de anidación para ciertas especies generalistas que pueden adaptarse a esta estructura uniforme. Sin embargo, la drástica reducción de la diversidad de especies vegetales y la alteración de la estructura del hábitat que resultan de la dominancia del carrizo conllevan una disminución en la disponibilidad de alimento y de nichos ecológicos especializados para una gama más amplia de fauna nativa. Esto afecta particularmente a especies como los peces autóctonos (ej. fartet, samaruc, gobio, colmilleja) y los invertebrados acuáticos, que dependen de una mayor heterogeneidad vegetal para alimentarse y reproducirse. En consecuencia, un carrizal dominado por *Phragmites* no es siempre sinónimo de un ecosistema fluvial saludable, y la gestión debe priorizar la diversidad estructural y específica de la vegetación ribereña para mantener una rica biodiversidad.

3.1.3. Alteración de la Estructura del Hábitat

Phragmites australis no solo ocupa un espacio en los ecosistemas fluviales, sino que actúa como un verdadero "ingeniero de ecosistemas", modificando activamente la estructura física de los ambientes ribereños y palustres. Sus densos y extensos sistemas de rizomas, combinados con la acumulación de biomasa aérea y subterránea, alteran significativamente las propiedades del suelo, los niveles de salinidad y el relieve topográfico de las riberas y humedales. La descomposición de la biomasa de *Phragmites* puede incluso aumentar la tasa de acreción de marismas más rápidamente de lo que ocurriría con la vegetación nativa.

Las grandes masas de rizomas y tallos de carrizo contribuyen a la colmatación de cauces y azudes, como se ha observado en el río Chicamo, donde un azud fue totalmente colmatado y colonizado por carrizo, afectando la permeabilidad del paso del agua. Esta acumulación de biomasa y sedimentos modifica la morfología del lecho fluvial, afectando la dinámica natural del río. Esta capacidad de *Phragmites* para modificar el entorno físico tiene efectos en cascada sobre la hidrología y la composición biológica del ecosistema. Esto implica que cualquier esfuerzo de restauración no puede limitarse a la simple eliminación de la planta, sino que debe considerar la rehabilitación de los procesos geomorfológicos y edáficos que han sido alterados, para lograr una recuperación integral y sostenible del ecosistema fluvial.

3.2. Impactos Hidrológicos y Morfológicos

3.2.1. Consumo Hídrico y Alteración del Régimen de Flujos

Phragmites australis se caracteriza por un elevado consumo hídrico, lo que le confiere la capacidad de desecar pequeños humedales. Esta alta tasa de evapotranspiración ha sido

destacada en estudios que comparan el carrizo con otras plantas. La presencia de grandes masas de rizomas continuas y clonales de *Phragmites* puede alterar el régimen de flujos y la morfología del lecho fluvial. En el río Chicamo, por ejemplo, la colmatación por carrizo ralentiza el curso del agua y favorece su enraizamiento a lo largo y ancho del cauce.

El impacto del cambio climático en España, con la previsión de reducciones generalizadas en el caudal de los ríos y un aumento en la duración y severidad de sequías, agrava la problemática del consumo hídrico de *Phragmites*. En condiciones de creciente aridez, se espera que la expansión del carrizo se vea favorecida en los humedales, ya que es una especie tolerante a la escasez de agua y a la salinidad. Esto crea un ciclo de retroalimentación negativa: el cambio climático induce una mayor aridez, lo que a su vez promueve la proliferación de *Phragmites*, y la expansión de esta planta intensifica el consumo de agua, exacerbando la escasez hídrica y la alteración del régimen de flujos en los ríos españoles. Esta situación podría llevar a que muchos ríos permanentes se conviertan en temporales debido al déficit hídrico estival.

3.2.2. Acumulación de Sedimentos y Obstrucción de Cauces

Las densas masas de rizomas y tallos de *Phragmites australis* actúan como trampas naturales para los sedimentos, lo que conduce a la acumulación de material y a la colmatación de los cauces fluviales. Esta acumulación puede ser tan severa que llega a obstruir la continuidad longitudinal del río, ralentizando significativamente el curso del agua y favoreciendo aún más el enraizamiento y la expansión del carrizal a lo largo y ancho del cauce. Ejemplos de esta problemática incluyen azudes totalmente colmatados por carrizo, como se ha observado en el río Chicamo, y la abundancia de carrizo en humedales como el Prat del Port d'Andratx en Baleares.

La colmatación de los cauces y la reducción de la capacidad de desagüe de los ríos son consecuencias directas de esta acumulación de sedimentos y biomasa. Este fenómeno es particularmente crítico en los ríos intermitentes, comunes en España, donde la alternancia de periodos de flujo y sequía puede crear condiciones propicias para el establecimiento y la expansión del carrizo en el lecho seco. La vulnerabilidad de estos ríos intermitentes se acentúa porque la acumulación de sedimentos y la consecuente obstrucción del cauce pueden alterar aún más sus patrones hidrológicos naturales, afectando la biota adaptada a estos ciclos y exacerbando los problemas de gestión del agua en épocas de estiaje o avenidas.

3.2.3. Riesgo de Inundaciones

La presencia de densas poblaciones de *Phragmites australis* en los márgenes de los ríos puede contribuir a la disminución de la capacidad de desagüe de los cauces. Esta reducción de la capacidad hidráulica, especialmente en periodos de precipitaciones torrenciales, puede provocar desbordamientos frecuentes que afectan a las estructuras hidráulicas, las infraestructuras próximas y las fincas colindantes con los cauces. La obstrucción de infraestructuras que cruzan los cauces, como puentes y acueductos, puede generar taponamientos significativos durante avenidas importantes, lo que incrementa el riesgo de inundaciones y colapso de las infraestructuras.

Sin embargo, es crucial diferenciar el impacto de *Phragmites australis* en el riesgo de inundaciones del de *Arundo donax*. Mientras que *Arundo donax* es una planta robusta y quebradiza que se desprende con la fuerza del agua, formando grandes taponamientos peligrosos en puentes y acueductos, *Phragmites australis* es más flexible y sus tallos son delgados, generalmente de un grosor menor que el de un dedo. Esta flexibilidad y naturaleza

esbelta permiten que *Phragmites australis* actúe como un regulador natural del flujo de agua durante eventos de crecida, reduciendo la velocidad del agua y, por ende, disminuyendo la intensidad de la inundación, en lugar de generar bloqueos. De hecho, se ha observado el carrizo cumpliendo su papel de desacelerador de la velocidad del agua en una crecida del río de Oro. Esta diferencia de impacto es fundamental para las estrategias de gestión, ya que la eliminación indiscriminada de *Phragmites* podría, en algunos contextos, eliminar un amortiguador natural frente a las avenidas.

3.2.4. Alteración de la Morfología del Cauce

Las grandes masas de rizomas continuas y clonales de *Phragmites australis* tienen la capacidad de alterar el régimen de flujos y la morfología del lecho fluvial. Esta alteración se manifiesta en cambios en la forma y dinámica del río, ya que los densos sistemas radiculares y la acumulación de sedimentos modifican la sección transversal del cauce y la distribución de los flujos de agua. Por ejemplo, la presencia de carrizo puede contribuir a la colmatación de azudes y a la ralentización del curso del agua, lo que a su vez favorece el enraizamiento y la expansión del carrizal.

Existe una retroalimentación entre la alteración de la morfología del cauce y la proliferación de *Phragmites australis*. Los cambios en la hidrodinámica y la acumulación de sedimentos que resultan de la presencia del carrizo crean condiciones aún más favorables para su crecimiento y expansión. Un cauce más lento, con mayor acumulación de sedimentos y una morfología simplificada, se convierte en un entorno ideal para que *Phragmites* establezca nuevas colonias y expanda las existentes. Esta dinámica de retroalimentación negativa implica que la restauración de la morfología fluvial es un paso crítico para controlar la proliferación del carrizo a largo plazo y restaurar la funcionalidad ecológica del río.

3.3. Impactos sobre la Calidad del Agua

3.3.1. Niveles de Oxígeno y Nutrientes

El impacto de *Phragmites australis* en la calidad del agua es complejo y presenta un doble filo. Por un lado, el carrizo tiene la capacidad de oxigenar el sustrato a través del escape de oxígeno desde sus estructuras subsuperficiales, como raíces y rizomas, lo que permite la actividad aeróbica en el humedal. Además, es conocido por su capacidad de absorber nutrientes y elementos traza, incorporándolos a sus tejidos. Estas propiedades hacen que *Phragmites australis* sea una planta comúnmente utilizada en sistemas de tratamiento de aguas residuales y fitorremediación, donde contribuye a la remoción de materia orgánica, sólidos en suspensión y metales, así como a la reducción de acidez.

Sin embargo, en densas formaciones naturales, la situación puede ser diferente. Aunque las microzonas alrededor de las raíces pueden ser aeróbicas, la mayor parte del líquido en humedales con flujo libre superficial dominados por carrizo puede ser anóxico o anaeróbico debido a la alta densidad de biomasa y la limitada circulación del agua. Esta falta general de oxígeno puede limitar procesos biológicos como la nitrificación del amoníaco. Además, la descomposición de grandes masas de hojarasca de *Phragmites australis* puede liberar nutrientes, como fósforo inorgánico y nitrógeno, al medio acuático, lo que podría contribuir a la eutrofización. Por lo tanto, mientras que en sistemas controlados el carrizo es un aliado para la depuración, en ecosistemas naturales donde prolifera descontroladamente, su impacto en los

niveles de oxígeno y el ciclo de nutrientes puede ser perjudicial.

3.3.2. Eutrofización y Autodepuración

La eutrofización, definida como el enriquecimiento excesivo de nutrientes en los cuerpos de agua, es un problema ambiental significativo en muchos humedales y ríos españoles. Este fenómeno se ve exacerbado por vertidos agrícolas y de aguas residuales, que aportan altas concentraciones de nitrógeno y fósforo. La alta disponibilidad de nutrientes es un factor clave que favorece el crecimiento vigoroso y la expansión de *Phragmites australis*, ya que la planta puede alcanzar una alta productividad en condiciones de alta disponibilidad de nutrientes. Existe un ciclo de retroalimentación entre la eutrofización y la proliferación de *Phragmites australis*. La presencia de un exceso de nutrientes en el agua y los sedimentos estimula el crecimiento desmedido del carrizo, permitiéndole formar densos rodales. A su vez, aunque *Phragmites* tiene la capacidad de absorber y acumular grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y carbono en sus tejidos, la posterior senescencia y descomposición de esta vasta biomasa puede liberar estos nutrientes de nuevo al medio acuático. Este proceso puede contribuir a mantener o incluso agravar la carga de nutrientes en el ecosistema, especialmente si la descomposición es lenta, como se ha observado en el Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. Aunque el carrizo puede ser utilizado en humedales artificiales para la depuración de aguas residuales, en los sistemas naturales, la proliferación inducida por la eutrofización puede sobrecargar la capacidad de autodepuración del río, creando un círculo vicioso que dificulta la mejora de la calidad del agua.

4. Factores que Favorecen la Expansión Problemática

La expansión descontrolada de *Phragmites australis* en los ríos de España no es un fenómeno aislado, sino el resultado de una compleja interacción de factores, principalmente de origen antropogénico y relacionados con el cambio climático.

4.1. Alteraciones Antrópicas del Hábitat

Las perturbaciones o estreses de origen humano son un catalizador fundamental para la invasión y propagación continua de *Phragmites australis*. Los sitios perturbados, la alteración del régimen hidrológico natural, el dragado y el aumento de la sedimentación crean condiciones óptimas para el establecimiento y la expansión del carrizo. En España, la inadecuada gestión de los ríos, el uso intensivo y la explotación de sus recursos han llevado a un estado ambiental deficiente en gran parte de los cauces.

El abandono de cultivos y canales de riego adyacentes a los cauces fluviales, como se observó en el río Alhama, ha favorecido una elevada colonización por cañaverales, incluyendo *Phragmites australis*. La urbanización y la construcción de infraestructuras en las márgenes fluviales también modifican la forma del río y sus sistemas, contribuyendo a la degradación del entorno urbano y a la alteración del ciclo natural del agua. La sinergia de estas perturbaciones es un factor crítico. La combinación de múltiples presiones antropogénicas, como la alteración hidrológica, la contaminación y la fragmentación del hábitat, crea un entorno ideal para que *Phragmites* aproveche su plasticidad ecológica y domine el paisaje ribereño, desplazando a las especies nativas más sensibles y reduciendo la complejidad del ecosistema.

4.2. Eutrofización y Contaminación

La eutrofización y la contaminación de las aguas fluviales son factores clave que impulsan el crecimiento excesivo de *Phragmites australis*. La alta disponibilidad de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, favorece el vigoroso desarrollo del carrizo. Las principales fuentes de estos nutrientes provienen de la actividad agrícola, con los vertidos de fertilizantes y residuos forestales que no se gestionan correctamente, y de los vertidos de aguas residuales urbanas e industriales.

La eutrofización actúa como un potente catalizador para la proliferación de *Phragmites australis*. Los ecosistemas acuáticos enriquecidos con nutrientes ofrecen una ventaja competitiva a especies de rápido crecimiento y alta biomasa como el carrizo, que pueden absorber eficientemente estos recursos. Este enriquecimiento favorece la formación de densos monocultivos de *Phragmites*, que a su vez pueden alterar el ciclo de nutrientes en el ecosistema, ya que la descomposición de su biomasa puede liberar los nutrientes acumulados de nuevo al agua, perpetuando el problema de la eutrofización.

4.3. Cambio Climático

El cambio climático representa un multiplicador de la amenaza para los ecosistemas fluviales españoles y, consecuentemente, para la expansión problemática de *Phragmites australis*. En España, se esperan reducciones generalizadas en el caudal de los ríos y un aumento en la duración y severidad de avenidas y sequías. Estos cambios en el régimen hídrico, junto con el aumento de la temperatura del agua, que se prevé entre 2.4 °C y 4.7 °C para algunos ríos, incidirán severamente en la disponibilidad de hábitats y las condiciones para el desarrollo de la biota.

El aumento de la aridez y la disminución de los aportes de agua favorecen la dominancia de especies más tolerantes a la salinidad y a la falta de agua, como el carrizo. Esto significa que, a medida que los ríos españoles experimenten una mayor escasez hídrica y periodos de sequía más prolongados, *Phragmites australis* encontrará condiciones más propicias para su expansión, incluso en áreas donde antes no era tan dominante. Este fenómeno crea un ciclo de retroalimentación negativa: el cambio climático induce la aridez, lo que promueve la proliferación de *Phragmites*, y la expansión de esta planta intensifica el consumo de agua y la alteración de los flujos, exacerbando la escasez hídrica y la degradación del ecosistema fluvial. La combinación de estos factores subraya la urgencia de adoptar estrategias de gestión adaptativas que consideren las proyecciones climáticas futuras.

5. Estrategias de Gestión y Restauración

La gestión de *Phragmites australis* en los ríos de España es un desafío complejo que requiere un enfoque multifacético, combinando métodos de control directos con estrategias de restauración ecológica que aborden las causas subyacentes de su proliferación.

5.1. Métodos de Control Físicos y Mecánicos

Los métodos físicos y mecánicos buscan la eliminación directa de la biomasa de *Phragmites*. El **corte y la extracción manual** han sido utilizados con éxito en pequeñas áreas, aunque los tratamientos suelen requerir repeticiones anuales. El momento del corte es crucial; se recomienda realizarlo a finales de julio para maximizar el estrés en la planta, ya que cortar en

otras épocas puede aumentar la densidad de los rodales. Es imperativo eliminar cualquier fragmento de rizoma que pueda dar origen a nuevas plantas, y el material cortado debe ser retirado del sitio para evitar la dispersión de semillas o rizomas. Sin embargo, la eliminación manual o mecánica de *Phragmites* es ineficaz si no se remueve el extenso sistema radicular, debido a su gran capacidad de rebrote.

El uso de **plástico negro o cubrimiento (mulching)** implica anclar una lámina de plástico opaco sobre el área cortada para privar a las plantas de luz y calor, lo que eventualmente las mata. Esta técnica es más efectiva en áreas pequeñas con exposición directa al sol. La **inundación** de los rizomas tras el desbroce de la parte aérea puede provocar la asfixia radicular y la muerte de la planta, y se ha demostrado que la manipulación del nivel del agua disminuye las poblaciones en algunas condiciones. La **eliminación mecánica del rizoma** mediante excavación o cribado de la tierra es una técnica más intensiva que busca erradicar la fuente principal de rebrote. Es fundamental asegurarse de que las prácticas sanitarias adecuadas estén en marcha para evitar la propagación de fragmentos de rizoma o semillas a otras áreas a través del equipo de mantenimiento.

5.2. Métodos Químicos

Los herbicidas sistémicos, como el **Glifosato** y el **Imazapyr**, son considerados los métodos más efectivos para el control de *Phragmites australis*, especialmente en grandes áreas con densos rodales. El Glifosato es más activo a finales del verano, cuando la planta está en plena floración, y se recomienda aplicar estos herbicidas entre agosto y septiembre para un control efectivo. Para aplicaciones en agua estancada o a lo largo de la orilla, se debe utilizar formulaciones específicas (ej. Rodeo) y obtener los permisos ambientales pertinentes. Los tratamientos químicos rara vez son una solución única; para obtener resultados deseados, los herbicidas deben utilizarse en **conjunción con métodos mecánicos o quemas controladas**, y se requieren aplicaciones repetidas en años posteriores para tratar los rebrotes. Después de la aplicación del herbicida, se recomienda cortar o segar los tallos para estimular la emergencia y el crecimiento de otras plantas previamente suprimidas.

5.3. Métodos Biológicos y Restauración Ecológica

Los métodos biológicos para el control de *Phragmites australis* aún están en investigación, como el uso de cabras o enemigos naturales. Sin embargo, la **restauración ecológica** se presenta como una estrategia integral y sostenible. Esto implica:

- **Plantación y protección de especies nativas:** Fomentar el crecimiento de especies nativas puede limitar la propagación de *Phragmites* al aumentar la competencia. Se ha demostrado que la competencia y la diversidad vegetal reducen el crecimiento y la supervivencia del carrizo exótico.
- **Restauración del bosque de ribera:** La revegetación de las riberas con especies arbóreas y arbustivas autóctonas, como sauces y olmos, en alta densidad, puede competir con los rizomas del carrizo y restaurar la funcionalidad del ecosistema fluvial. Proyectos en el río Arga, el río Segura y el río de Beniel son ejemplos de estas iniciativas.
- **Restauración de las condiciones hidrológicas:** La manipulación del nivel del agua y la restauración del flujo natural pueden disminuir las poblaciones de *Phragmites*.
- **Uso de *Phragmites* en sistemas de depuración:** Paradójicamente, *Phragmites australis* es ampliamente utilizada en ingeniería ecológica para la depuración de aguas

residuales en humedales artificiales, debido a su capacidad para filtrar impurezas y remover contaminantes. Esto demuestra que, en un entorno controlado, sus propiedades pueden ser beneficiosas.

La restauración ecológica como estrategia integral reconoce que la gestión efectiva de *Phragmites australis* va más allá de la simple eliminación de la planta; requiere un enfoque holístico que aborde las causas fundamentales de la degradación del ecosistema. Esto implica restaurar la heterogeneidad del hábitat, mejorar la calidad del agua, recuperar los regímenes hidrológicos naturales y fomentar la resiliencia de las comunidades nativas. Al restaurar la salud general del ecosistema fluvial, se reduce la oportunidad para que *Phragmites* domine, permitiendo que las especies nativas compitan de manera más efectiva y restableciendo un equilibrio ecológico.

5.4. Proyectos y Casos de Estudio en España

En España, se han implementado y estudiado diversas actuaciones para el control y la restauración en áreas afectadas por la proliferación de cañaverales, incluyendo *Phragmites australis*:

- **Río Alhama (Murcia):** Se han ensayado técnicas de control y eliminación de cañaverales, incluyendo la eliminación de rizomas mediante tratamientos mecánicos, inundación y aplicación de herbicidas, con el objetivo de mejorar el estado ecológico y la capacidad de desagüe del río.
- **Rambla del Ajaque (Murcia):** Se ha documentado la progresiva expansión del carrizal en esta rambla, un ejemplo de cómo *Phragmites australis* puede colonizar completamente el lecho de pequeños cauces efímeros y temporales.
- **Río Mijares:** En la Reserva Natural Fluvial de su cabecera, se ha valorado la presencia de carrizo como parte de la vegetación ribereña.
- **Río de Beniel (Murcia):** Se ha iniciado la recuperación del bosque de ribera en un antiguo meandro, donde se ha observado que *Phragmites australis* ocupa la primera línea del río y no causa graves problemas ambientales, a diferencia de *Arundo donax*.
- **Carrizal de Cofín de Alfaro (La Rioja):** Se ha invertido en la restauración de esta Área Natural Singular, lo que indica un reconocimiento de la importancia de la gestión de los carrizales para la conservación de hábitats.
- **Estuarios del País Vasco:** Proyectos como LIFE Estuarios del País Vasco, aunque centrados en la eliminación de *Baccharis halimifolia*, han registrado un aumento significativo en el área y calidad de las comunidades de *Phragmites australis*, lo que ha beneficiado directamente a las especies de aves. Esto subraya el papel del carrizo en la estructura del hábitat para ciertas especies.
- **Río Segura:** Se han llevado a cabo proyectos de plantación de bosque de ribera para impulsar el entorno natural y proteger la biodiversidad, lo que indirectamente puede influir en la dinámica del carrizo.
- **Río Manzanares (Madrid):** Los proyectos de renaturalización han buscado mejorar el funcionamiento hidrológico y ecológico del cauce, recuperando el caudal mínimo ecológico y la ictiofauna natural, lo que puede influir en la composición de la vegetación ribereña.
- **Integración en planes hidrológicos:** Los hallazgos de proyectos de control de especies invasoras se han integrado en los planes hidrológicos de cuenca, como el del País Vasco, en línea con la Directiva Marco del Agua de la UE.

Estos casos de estudio demuestran la diversidad de situaciones y enfoques en la gestión de

Phragmites australis en España, desde la erradicación en contextos donde se considera problemática hasta su valoración como componente del hábitat en proyectos de restauración.

6. Conclusiones y Recomendaciones

El estudio de *Phragmites australis* en los ríos de España revela una realidad compleja y multifacética. Aunque el carrizo es una especie nativa de Europa, su comportamiento en los ecosistemas fluviales españoles a menudo mimetiza el de una especie invasora, generando impactos significativos. Esta "invasividad nativa" no es una característica intrínseca de la planta, sino una consecuencia directa de la degradación ambiental de los ríos, la eutrofización y los efectos del cambio climático.

Los impactos ecológicos son profundos, destacando la homogeneización del hábitat a través de la formación de densos monocultivos. Esta dominancia desplaza a la vegetación autóctona y reduce drásticamente la biodiversidad, afectando la disponibilidad de nichos y recursos para una amplia gama de fauna, a pesar de que los carrizales puedan ofrecer refugio y sitios de anidación para algunas especies de aves. Hidrológicamente, *Phragmites australis* contribuye al consumo hídrico, lo que agrava la escasez de agua en un contexto de creciente aridez. Sus densos rizomas y la acumulación de biomasa también provocan la colmatación de cauces y la alteración de la morfología fluvial, lo que puede reducir la capacidad de desagüe y aumentar el riesgo de inundaciones. No obstante, su flexibilidad natural puede, en algunos casos, ayudar a decelerar el flujo de agua durante las avenidas, una propiedad que la distingue de otras especies como *Arundo donax*. En cuanto a la calidad del agua, si bien el carrizo posee propiedades fitorremediadoras y es utilizado en sistemas de depuración, su proliferación descontrolada en ambientes naturales puede llevar a condiciones de anoxia y a la liberación de nutrientes por descomposición, exacerbando la eutrofización.

Los factores que favorecen la expansión problemática del carrizo son principalmente de origen antropogénico. Las alteraciones del hábitat, como la modificación de los regímenes hidrológicos, el abandono de tierras agrícolas y la urbanización de las riberas, crean entornos perturbados que *Phragmites* coloniza eficazmente. La eutrofización, impulsada por los vertidos agrícolas y de aguas residuales, actúa como un potente catalizador, proporcionando los nutrientes necesarios para su crecimiento desmedido. Finalmente, el cambio climático, con sus proyecciones de mayor aridez y sequías más severas, favorece la expansión de especies tolerantes a la escasez de agua, creando un ciclo de retroalimentación negativa que agrava el problema.

Recomendaciones:

1. **Enfoque Integral y Adaptativo:** La gestión de *Phragmites australis* debe trascender la mera eliminación de la planta. Es imperativo adoptar un enfoque integral que combine métodos de control directos (físicos, mecánicos y químicos, aplicados estratégicamente y con precaución) con la restauración ecológica de los ecosistemas fluviales.
2. **Restauración de las Causas Subyacentes:** Priorizar la rehabilitación de la salud ambiental de los ríos, incluyendo la mejora de la calidad del agua, la restauración de los regímenes hidrológicos naturales y la recuperación de la heterogeneidad del hábitat ribereño. Esto permitirá que las especies nativas compitan de manera más efectiva y se restablezca el equilibrio ecológico que naturalmente frena la proliferación del carrizo.
3. **Diferenciación y Monitoreo:** Es crucial distinguir *Phragmites australis* de *Arundo donax* y, cuando sea posible, identificar los genotipos presentes, ya que sus impactos y las estrategias de manejo óptimas pueden variar. Se recomienda un monitoreo continuo de las poblaciones de carrizo y de la salud del ecosistema fluvial para evaluar la efectividad

de las intervenciones.

4. **Investigación Continua:** Fomentar la investigación sobre la ecología de *Phragmites australis* en el contexto español, incluyendo el impacto de los diferentes genotipos, la dinámica de nutrientes en monocultivos y la eficacia de nuevas técnicas de control biológico y restauración.
5. **Políticas de Gestión Holísticas:** Integrar la gestión de especies nativas problemáticas, como *Phragmites australis*, en las políticas de conservación y planificación hidrológica. Esto implica reconocer que la proliferación de ciertas especies es un síntoma de un ecosistema desequilibrado y que las soluciones deben abordar tanto el síntoma como la causa.

Obras citadas

1. Phragmites australis | Revista sobre la restauración del paisaje y medioambiente, <https://www.restauracionpaisajistica.com/phragmites-australis/>
2. Phragmites australis - Plantas autóctonas para jardines sostenibles en VIVERS CAREX, <http://www.carex.cat/es/vivers-carex/catalogo/phragmites-australis-.aspx>
3. Phragmites australis - Wikipedia, la enciclopedia libre, https://es.wikipedia.org/wiki/Phragmites_australis
4. INFORMACIÓN DE PLANTAS INVASORAS - UConn IPM program, <https://ipm.cahn.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/3216/2022/08/UConn-Extension-EI-Carrizo-Phragmites-australis.Spanish.pdf>
5. Carrizo (Phragmites australis) - La Provincia - Diputación de Málaga, https://www.malaga.es/es/laprovincia/naturaleza/lis_cd-13071/carrizo-phragmites-australis
6. Phragmites australis - Global Invasive Species Database, <https://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Phragmites+australis>
7. carrizo « Guelaya Ecologistas en Acción Melilla, <https://guelayaecologistasenaccion.com/tag/carrizo/>
8. Optimización de los sistemas de eliminación y control de cañaverales para mejora del estado ecológico y la capacidad de desagüe de los ríos, https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/INFORME%20CA%C3%91AS_tcm30-214370.pdf
9. Seguimiento y evaluación de las actuaciones de control de la caña (Arundo donax) en el marco del proyecto LIFE+ RIPISILVANATUR, https://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/seguraripisilvanatura/docsdescarga/TFM_CONESA-NIETO_Seguimiento_control_canya_Arundo_donax_RIPISILVA.pdf
10. Carrizo - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/caminos-naturales/detalle_punto_interes.aspx?tcm=tcm:30-548522&id_camino=023900&topologia=Vegetaci%C3%B3n&origen=Destacados
11. Flora acuática española. Hidrófitos vasculares, https://floramontiberica.files.wordpress.com/2018/01/flora_acuatica_espanola_hidrofitos_vasculares_2014.pdf
12. Gestión de la vegetación para la mejora del hábitat y de la calidad del agua - Fundación Global Nature, https://fundacionglobalnature.org/wp-content/uploads/2020/11/Gestionvegetacion_LIFEAlbufera.pdf
13. Estrategias para reducir la contaminación por nutrientes en aguas superficiales y sedimentos., <https://www.ucm.es/iuca/file/articulo-2-m-a-2024-1?ver>
14. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales - CORE, <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
15. Phragmites, Common Reed (Phragmites australis) | Connecticut Invasive Plant Working Group, <https://cipwg.uconn.edu/phragmites/>
16. A LANDOWNER'S GUIDE TO PHRAGMITES CONTROL,

https://watershedcouncil.org/uploads/7/2/5/1/7251350/deq-ogl-guide-phragmites_204659_7.pdf
17. Phragmites Australis, carrizo o junco común Plantas Acuáticas - Flores Frescas Online,
<https://www.floresfrescasonline.com/phragmites-australis-b4a9/> 18. ¿Por qué conservar ríos que se secan? - Ecomandanga - WordPress.com,
<https://ecomandanga.wordpress.com/2018/05/17/por-que-conservar-rios-que-se-secan/> 19. Typha angustifolia Phragmites australis - Repositorio Institucional Continental,
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11535/2/IV_FIN_107_TE_Morocco_%20Paye_2022.pdf 20. Phragmites australis - Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Phragmites_australis 21. Phragmites australis (common reed) | CABI Compendium, <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.40514>
22. Reserva Natural Fluvial Cabecera de la Riera de Malrubí,
<https://www.miteco.gob.es/gl/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/catalogo-nacional-de-reservas-hidrologicas/informacion/cuencas-internas-cataluna/cabecera-riera-malrubi.html> 23. 1. DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA,
<https://www.chsegura.es/descargas/planificacionydma/dma/implementacion/informearticulos567/docsdescarga/Articulo5Cap1.pdf> 24. RÍO CHÍCAMO,
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/rnf_es070rnf149_riochicamo_tcm30-504489.pdf 25. Efecto de la alteración y posterior regeneración del hábitat sobre una comunidad de aves paseriformes palustres del centro de España - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/publication/282696350_Efecto_de_la_alteracion_y_posterior_regeneracion_del_habitat_sobre_una_comunidad_de_aves_paseriformes_palustres_del_centro_de_Espana 26. 3. IMPACTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES - Universidad de Murcia,
<https://www.um.es/documents/4874468/18051321/impactos-ecosistemas-acuaticos-continental-es.pdf/b3eb5bc7-0dc8-4d1c-b9c5-eff0ed55e71e> 27. humedales | CENTRO EL CAMPILLO,
<https://centrocampillo.com/tag/humedales/> 28. Phragmites australis (Cav.) Trin. subsp. australis - Herbari Virtual del Mediterrani Occidental,
<https://herbariuvirtual.uib.es/es/general/1302/especie/phragmites-australis-cav-trin-subsp-australis> 29. Carrizo (Phragmites australis) - Parque Nacional de Doñana,
<https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/red-parques-nacionales/parques-nacionales/donana/visita-virtual/flora/carrizo.html> 30. Uso de humedales de flujo subsuperficial con Phragmites australis como alternativa de biorremediación de fuentes superficiales afectadas por drenajes ácidos de minas de carbón | Tecnología y ciencias del agua,
<https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2376> 31. Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo,
https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/637/609 32. Phragmites australis - Forest Service - USDA, <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html>
33. phragmites australis plants: Topics by Science.gov,
<https://www.science.gov/topicpages/p/phragmites+australis+plants> 34. Salt marsh macrophyte Phragmites australis strategies assessment for its dominance in mercury-contaminated coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal) - PubMed, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22314349/> 35. 0000-0002-7687-7437 - Esperança Gacia - ORCID, <https://orcid.org/0000-0002-7687-7437> 36. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL del "Proyecto de Modernización integral de la Comunidad de Regantes nº V de los riegos de Barde",
https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/eia_bardenas_tcm30-644704.pdf 37. RESPIROMETRÍA DE Phragmites australis PARA LA CAPTURA DE MATERIA ORGANICA DISUELTA Y EL XENOBIÓTICO CLOROTALONILO JUAN PABLO S -

Repositorio Universidad del Cauca,
<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/6748/Respirometr%C3%A9Da%20de%20Phragmites%20australis%20para%20la%20captura%20de%20materia%20org%C3%A1nica%20disuelta%20y%20el%20xenobi%C3%B3tico%20clorotalonilo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 38. Pest Management – Invasive Plant Control Common Reed – Phragmites australis, <https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/Delete/2010-10-2/Phragmites.pdf> 39. Potencial de invasión de Phragmites australis en comunidades dominadas por especies nativas ante disturbios por fuego en condiciones controladas - SciELO México, https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972018000200201 40. Factors influencing seed production of Phragmites australis | Request PDF - ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/223049681_Factors_influencing_seed_production_of_Phragmites_australis 41. Phragmites australis (Carrizo) - Vivero de Plantas Acuáticas, <https://www.plantasacuaticas.org/p/phragmites-australis-carrizo/> 42. Marismas - Junta de Andalucía, https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/1_consejeria_de_medio_ambiente/dg_gestion_medio_natural/biodiversidad/static_files/habitat_y_paisaje/manual_humedales/13.pdf 43. Prat del Port d'Andratx - WWF Humedales, https://www.humedalesdebaleares.es/general/report.php?code=MAL018&lang=es_ES 44. alta_0.pdf - Confederación Hidrográfica del Guadiana, https://www.chguadiana.es/sites/default/files/2019-10/alta_0.pdf 45. RÍO DULCE, https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-omino-publico-hidraulico/rnf_es030rnf058_riodulce_tcm30-504511.pdf 46. La construcción de humedales artificiales reduce el efecto de los vertidos agrícolas, <http://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/la-construccion-de-humedales-artificiales-reduce-el-efecto-de-los-vertidos-agricolas> 47. Depuración de aguas residuales con sistemas naturales - Naturalea, https://naturalea.eu/docs/2018/07/sistemas_depuracion_natural.es.pdf 48. Common Reed (Phragmites Australis) Removal for Ponds - SOLitude Lake Management, <https://www.solitudelakemanagement.com/aquatic-weed-control/invasive-phragmites/> 49. Inician la recuperación del bosque de ribera en un antiguo meandro ..., <https://www.asociacionanse.org/inician-la-recuperacion-del-bosque-de-ribera-en-un-antiguo-meandro-del-rio-de-beniel/20180504/> 50. El crecimiento de carrizo en los cauces provoca alteraciones ambientales en Murcia, <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-crecimiento-de-carrizo-en-los-cauces-provoca-alteraciones-ambientales-en-Murcia> 51. Storage of organic carbon, nitrogen and phosphorus in the soil–plant system of Phragmites australis stands from a eutrophicated Mediterranean salt marsh | Request PDF - ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/256716531_Storage_of_organic_carbon_nitrogen_and_phosphorus_in_the_soil-plant_system_of_Phragmites_australis_stands_from_a_eutrophicated_Mediterranean_salt_marsh 52. El carrizo y sus utilidades, <https://www.eltiocazuela.com/Almacenillo/3.pdf> 53. PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE CATARROJA (VALENCIA) ANEJO 7: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD APROBADO POR LA DIRECCIÓN, https://www.catarroja.es/sites/www.catarroja.es/files/documents/Economica/PGOU/10_Infor_Sost_Amb/10_8_A_7_Est_inund_DirGen_Territ_Paisa/anejo7_estudioinundabilidad.pdf 54. Descomposición de helófitos en un humedal semiárido hipertrófico - Dialnet, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1033425.pdf> 55. Actuaciones de restauración de hábitats de interés comunitario:, https://agroambient.gva.es/auto/Proyectos_digitalizados/SierraNegrete_MN.pdf 56. especies

exóticas invasoras en andalucía - Biología Vegetal,
https://www.biolveg.uma.es/links/Especies_exoticas_invasoras_Andalucia.pdf 57. (PDF)
Estudio de las alteraciones hidrológicas y dinámica de nutrientes en el paisaje protegido del Humedal de Ajauque (Murcia) - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/publication/45372441_Estudio_de_las_alteraciones_hidrologicas_y_dinamica_de_nutrientes_en_el_paisaje_protegido_del_Humedal_de_Ajauque_Murcia 58.
RÍO MIJARES,
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/rnf_es080rnf103_riomijares_tcm30-504357.pdf 59. Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias ...,
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/c5_tcm30-99011.pdf 60. ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN, CONTROL Y ...,
<https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/publicaciones/estrategias/Estrategia-eei-acuaticas-24-07-24.pdf> 61. RESPIROMETRÍA DE PHRAGMITES AUSTRALIS EN PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA DISUELTA Y EL XENOBIÓTICO CLOROTALONILO - SciELO Colombia,
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200016 62. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES. - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/recon/Red%20cambio%20climatico_Marcadores.pdf 63. INFORME DE LA DEPURACIÓN DE AGUA CON MACROFITAS EN LA DEPURADORA DE LA ALMUNIA - Aragón,
<https://www.aragon.es/documents/20127/2438311/Informe+depuraci%C3%B3n+macrofitas+EDAR+de+La+Almunia.pdf/7606998e-e503-8dfb-84d3-2c1c000294f4?t=1622550732551> 64. Phosphorus fractionation and distribution in salt marsh soils affected by mine wastes and eutrophicated water: A case study in SE Spain | Request PDF - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/publication/223856368_Phosphorus_fractionation_and_distribution_in_salt_marsh_soils_affected_by_mine_wastes_and_eutrophicated_water_A_case_study_in_SE_Spain 65. Causas de la eutrofización,
<https://www.miteco.gob.es/ca/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-eutrofizacion/causas.html> 66. A model for describing the eutrophication in a heavily regulated coastal lagoon. Application to the Albufera of Valencia (Spain) | Request PDF - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/publication/230828680_A_model_for_describing_the_eutrophication_in_a_heavily_regulated_coastal_lagoon_Application_to_the_Albufera_of_Valencia_Spain 67. Hidromorfología fluvial. Algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Ballarín_Ferrer2/publication/282074996_Hidromorfologia_fluvial_algunos_apuntes_aplicados_a_la_restauracion_de_rios_en_la_cuenca_del_Duero/links/56026efc08aed9851827d73d/Hidromorfologia-fluvial-algunos-apuntes-aplicados-a-la-restauracion-de-rios-en-la-cuenca-del-Duero.pdf 68. La gestión integral del agua de lluvia en entornos humanizados - Tragsa,
<https://www.tragsa.es/es/Documents/Publicaciones/GIAECuadernoTecnologicoActualizado.pdf> 69. los bosques de Ribera - ResearchGate,
https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Magdaleno/publication/244185085_Gestion_y_restauracion_de_los_bosques_de_ribera_Management_and_restoration_of_riparian_forests/links/55758a540aeb6d8c0196a0f/Gestion-y-restauracion-de-los-bosques-de-ribera-Management-and-restoration-of-riparian-forests.pdf 70. Finalizada la primera fase de plantación del bosque de ribera de Contraparada - ANSE,

<https://www.asociacionanse.org/finalizada-la-primera-fase-de-plantacion-del-bosque-de-ribera-de-contraparada/20180321/> 71. Restauración de riberas - Junta de Andalucía,
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/restauraci-c3-b3n-de-riberas-1/20151 72. MONTADO-ADAPT - Sistema Integrado de Gestión de Dehesa – Área piloto L5.- La finca Casablanca | Plataforma sobre Adaptación al Cambio Climático en España - AdapteCCa,
<http://adaptecca.es/casos-practicos/montado-adapt-sistema-integrado-de-gestion-de-dehesa-area-piloto-l5-la-finca> 73. Plantan un bosque de ribera con un centenar de árboles para impulsar el entorno natural del río Segura y proteger la biodiversidad - ANSE,
<https://www.asociacionanse.org/plantan-un-bosque-de-ribera-con-un-centenar-de-arboles-para-impulsar-el-entorno-natural-del-rio-segura-y-proteger-la-biodiversidad/20250204/> 74. La Rioja invierte 500.000 euros de fondos europeos en restaurar el Área Natural Singular del Carrizal de Cofin de Alfaro - Europa Press,
<https://www.europapress.es/la-rioja/noticia-rioja-invierte-500000-euros-fondos-europeos-restaurar-area-natural-singular-carrizal-cofin-alfaro-20230403194542.html> 75. Restoration of habitats of Community interest in the Basque Country's estuaries.,
<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE08-NAT-E-000055/restoration-of-habitats-of-community-interest-in-the-basque-countrys-estuaries> 76. Renaturalización de tramos urbanos de ríos - Ecologistas en Acción,
<https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2021/05/Informe-rios-naturalizados.pdf> 77. PLAN DE RENATURALIZACIÓN DEL RÍO GENIL A SU PASO POR LA CIUDAD DE GRANADA,
<https://ecologia.ugr.es/sites/dpto/ecologia/public/inline-files/GENIL---MEMORIA-BAJA.pdf> 78. APÉNDICE Nº9. MODELO DE CALIDAD DEL CAUCE - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/agua/participacion-publica/ap09_16_tcm30-512194.pdf