



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1974

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Restauración de bosques de ribera procedentes de alteraciones graves, como incendios, muerte en masa por sequía o abandono de plantaciones maderables. Métodos de lucha contra la invasión de caña americana en grandes superficies

GRIFOLL TUSET, J.M. (1), NAVARRO SOLÉ, B. (1), PASCUAL HORTAL, L. (2), LLOSA CUFÍ, X. (1), CAMPÀ FÀBREGA, J. (1)

1. Forestal Catalana S.A Generalitat de Catalunya
2. Servicio de Gestión Forestal del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació Generalitat de Catalunya

Resumen:

El entorno de los bosques de ribera es muy rico a nivel de biodiversidad. A su vez, es muy sensible a cualquier alteración del medio y se desestabiliza con mucha rapidez. En Catalunya hay una gran superficie de estos bosques que es pública, gestionada por el Servicio de Gestión Forestal autonómico o la Agencia Catalana del Agua (ACA). Muchas de estas zonas se plantaron para la producción de madera de chopo, aunque con el tiempo las plantaciones no fueron gestionadas y actualmente presentan un estado avanzado de degradación con ejemplares muertos o decrepitos. Otras de estas zonas continuaron naturalizadas, pero con el cambio climático han empezado a morir en masa. Cuesta mucho revertir la situación y “renaturalizar” estos entornos de ribera, ya que las especies invasoras y oportunistas como la caña americana, aprovechan a ocupar rápidamente el espacio que queda al perder cobertura arbórea. Establecer una nueva cobertura arbórea que permita frenar las especies oportunistas, en un entorno de sequía, es difícil y económicamente deficitario. Abrimos el debate sobre métodos de actuación y posibles intervenciones sobre la caña para poder restaurar estas zonas y garantizar la perdurabilidad de su valor ecológico, compatibilizándolo con la capacidad de desguace de los cauces frente a posibles desbordamientos e inundaciones.

Palabras clave:

Cambio climático, especies invasoras, desbordamientos e inundaciones, biodiversidad.

1. Introducción

Los bosques de ribera están sujetos a dinámicas ecológicas propias, pero son susceptibles a alteraciones debido a factores externos, particularmente la influencia antrópica. La modificación de su estructura ecológica puede tener efectos tanto en la biodiversidad como en las actividades económicas locales. Las superficies forestales pueden experimentar alteraciones derivadas de factores naturales (como incendios) o factores antropogénicos (como la agricultura extensiva). En este sentido, perturbaciones como una sequía severa causada por el cambio climático, un incendio de origen natural o incluso el abandono de una chopera en producción, pueden llevar a un deterioro similar en la estructura y funcionalidad del ecosistema ribereño (muerte en masa).

Tras una alteración significativa del ecosistema, como un incendio forestal, que



destruye la vegetación superficial y afecta a la estructura del suelo, los bosques de ribera inician un proceso de regeneración. Este proceso de recuperación es a menudo lento y se ve dificultado e incluso interrumpido por la presencia de especies invasoras que, aprovechando la perturbación, colonizan rápidamente el área afectada. Un ejemplo claro de ello es la amplia proliferación de la caña *Arundo donax* en Catalunya.

Esta especie invasora, conocida como caña americana, caña común o caña gigante, es una gramínea robusta de inflorescencias plumosas (familia *Poaceae*, subfamilia *Arundinoideae*), originaria de Asia, de gran plasticidad fenotípica, muy productiva y considerada como una de las gramíneas de mayor tamaño del mundo, (Deltoro Torró, Jiménez Ruiz & Vilán Fragueiro, 2012). Su presencia altera la biodiversidad local y afecta los servicios ecosistémicos de los bosques de ribera, lo que representa un reto para la regeneración de estos ecosistemas tras graves alteraciones como incendios o muerte en masa por sequía. El rápido crecimiento de esta especie, formando extensos y densos núcleos a lo largo y ancho de las orillas de los ríos, permite la expansión del cañaveral especialmente en lugares sometidos a frecuentes perturbaciones y caudal moderado o bajo. Las riberas de los ríos son además espacios ricos en nutrientes y agua, y frecuentemente soleados, y por ello, muy favorables a la colonización de la caña. La presencia del cañaveral desplaza e impide el crecimiento de otras formaciones vegetales autóctonas, por lo que la biodiversidad en estos ecosistemas se ve drásticamente reducida.

La caña americana, además de alterar la biodiversidad local, contribuye a la degradación del hábitat acuático y reduce la capacidad de los ecosistemas para retener agua, lo que puede intensificar los efectos negativos de las sequías. Asimismo, a consecuencia de la consolidación de los cañares en ambientes fluviales, se aumenta el riesgo de incendio, incrementando la frecuencia, la velocidad, y la intensidad de estos, haciendo que se queme a una temperatura más elevada que las formaciones de vegetación ripiara. Además, los incendios ayudan a estabilizar la dinámica de la caña americana, haciendo que rebrote de manera inmediata, creciendo más rápidamente que la vegetación nativa, gracias a las reservas acumuladas en los rizomas, que no se ven afectados por los incendios. De esta manera las cañas cambian el carácter del ecosistema, que pasa de ser un medio regulado por las crecidas que derivan en desbordamientos e inundaciones a ser un ecosistema regulado por el fuego. Debido a la estructura que conforman las formaciones de cañares, con una gran acumulación de tallos y hojas, y un contenido de humedad inferior a las estructuras ripiaras, estas contribuyen a una estructura más inflamable, favoreciendo la transmisión del fuego durante el incendio, desde el estrato arbustivo hasta el estrato arbóreo, gracias a su verticalidad.

La proliferación de la caña no solo preocupa a nivel de conservación de la biodiversidad de los ecosistemas autóctonos, sino también por lo que respecta a otros sectores que también se ven afectados, como la agricultura, el turismo, la conservación de vías de comunicación, etc.

Por lo tanto, su control es crucial para restaurar el equilibrio ecológico en estos ecosistemas.



1.

a. **Antecedentes**

En Catalunya hay una gran superficie de bosques de ribera de propiedad pública, gestionada principalmente por el Servicio de Gestión Forestal del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, la Agencia Catalana del Agua (ACA), o, en menor medida, entidades locales y otras administraciones.

1.

a.

i. Caso 1. Incendio forestal en chopera abandonada

Uno de estos montes o fincas, propiedad de la Generalitat de Catalunya, es el monte de utilidad pública Ribes de Segre II (Elenc L-1062, CUP-370), de una superficie de 150 ha distribuidas linealmente a ambos lados del río Segre, en un tramo de unos 6 km, en el término municipal de Seròs (provincia de Lleida).

Esta finca era una antigua plantación de ejemplares clonales de *Populus nigra*, posiblemente de la variante I-214, de origen italiano, que fueron plantados entre los años 1960 y 1980 para la producción de madera. Sin embargo, apenas se hicieron trabajos de mantenimiento, y pasado su turno de corta, la plantación fue abandonada.

La falta de gestión de la plantación contribuyó a que el monte presentase con los años un deteriorado estado físico y fitosanitario, que suponía, además, un riesgo por la caída de árboles y ramas para bienes y personas (el público que utilizaba el espacio, los cultivos y caminos adyacentes, otras infraestructuras, etc.). Asimismo, al crecer de manera descontrolada, la gran acumulación y continuidad del combustible forestal incrementó el riesgo de incendio en un entorno que ya cuenta con un elevado riesgo intrínseco de incendio forestal como consecuencia de las condiciones meteorológicas severas en determinadas épocas del año.

Ante dicha situación, este monte se incluyó en el proyecto “Mejora de hàbitats en las Riberas del Segre” (BLP-0385-20), promovido por la Generalitat de Catalunya, mediante el cual se actuó en las riberas de diversos municipios de Lleida. Concretamente en Seròs, se planificaron actuaciones en 0,82 hectáreas: se talaron árboles, se hizo una desbrozada selectiva de la vegetación (principalmente *Arundo donax* y rebrotes de *Populus nigra*) y se realizó una plantación de 400 ejemplares de especies de ribera (150 *Salix alba* y 250 *Salix purpurea*). Los diferentes trabajos de este proyecto se ejecutaron durante el mes de octubre de 2021.

Apenas unos meses después, el 8 de mayo de 2022, en plena época de “pelusa blanca” de los chopos y álamos, se produjo un incendio en Seròs que quemó 46,5 hectáreas de bosque de ribera, de las cuales 42,48 hectáreas se situaban dentro del Monte Ribes de Segre II. La reciente plantación de bosque de ribera autóctono quedó totalmente calcinada. También el cañaveral y gran parte de la antigua chopera abandonada, que ya presentaba gran mortalidad ante del incendio.



Como consecuencia del incendio, durante el verano de 2022 se realizó una actuación de saneamiento en la totalidad de la zona afectada por el incendio. Concretamente, se hizo una corta a hecho de todos los chopos afectados. Además, por lo que respecta a las otras especies de ribera dentro del perímetro del incendio, se talaron algunos pies - solo los afectados completamente- y se hizo una poda de saneamiento a los pies parcialmente afectados. Se respetaron todos los pies autóctonos sanos que presentaban un buen estado. Los trabajos se realizaron en el marco de un aprovechamiento autofinanciado ligado a las subastas de movilización de madera del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya.

La apertura de espacio que produjo el incendio y la nula competencia de otras especies de crecimiento más lento hizo que la caña americana rebrotase y aumentase su presencia, colonizando rápidamente casi la totalidad de la superficie incendiada. A pesar de ello, entre los núcleos de caña en expansión crecieron algunos rodales de *Tamarix sp.* que pudieron rebrotar posteriormente.

Con el fin de erradicar la caña americana en expansión y reducir el riesgo de un nuevo incendio forestal en la ribera, se redactó el proyecto "Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre" (BLP-0441-22). Sin embargo, por diversos motivos, el proyecto, aprobado en 2023, no se inició hasta enero de 2025.

Debido a la explosiva colonización de la caña que se fue observando en la zona del incendio ya desde las semanas posteriores, como medida de urgencia, se realizaron diversas actuaciones puntuales para controlar su expansión. Así, en octubre de 2022 se realizó la primera actuación sobre la caña (unas 20 ha), en la cual se labró parte de la superficie que incluye el proyecto mencionado anteriormente, con la finalidad de agotar las reservas del rizoma al forzarlo a una reposición constante de los tallos. El objetivo era avanzar en el proceso de intervenciones sucesivas antes de que el cañaveral invadiese todo el espacio. Con esta actuación se iniciaba una serie de trabajos que se han ido realizando durante dos años y medio en la zona afectada por el incendio producido.

1.

a.

i. Caso 2. Bosque de ribera muerto en masa por sequía

El segundo caso de estudio se localiza en los bosques de ribera asociados a los ríos Llobregat de l'Empordà y Muga, en la comarca del Alt Empordà (Girona), donde ambos cursos fluviales confluyen en el término municipal de Peralada antes de desembocar en el Golfo de Roses, en Castelló d'Empúries. El área afectada abarca aproximadamente 40 ha.

La alteración del ecosistema ribereño en este ámbito ha sido inducida por una sequía plurianual de carácter extremo, vinculada a los efectos del cambio climático. Durante dos años consecutivos (2022-2024), se ha registrado una drástica disminución de las precipitaciones, junto con restricciones severas en el uso del



recurso hídrico y una reducción significativa del caudal ecológico liberado por el embalse de Darnius. Estas condiciones han derivado en una interrupción prácticamente total del flujo superficial en los tramos bajos de ambos ríos.

Como consecuencia directa de esta situación hidrológica crítica, se ha producido un colapso funcional del bosque de ribera. Las especies dominantes —*Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Populus alba* y *Fraxinus angustifolia*— presentan una elevada mortalidad en masa y signos generalizados de debilitamiento fisiológico. Se ha observado una afectación grave en varias hectáreas, con pérdida total de cobertura arbórea en ciertos sectores y un riesgo incrementado de colmatación del cauce por caída de árboles muertos.

El sistema radicular poco profundo de estas especies, adaptado a niveles freáticos altos, no ha podido responder a la rápida bajada del nivel de agua subterránea, lo que ha derivado en su colapso generalizado. Esta situación genera, además, un riesgo hidromorfológico importante: la caída de ejemplares muertos dentro del cauce puede provocar obstrucciones que incrementen el riesgo de inundación.

Ante este escenario, la Agencia Catalana del Agua (ACA), como ente gestor del ciclo del agua en las cuencas internas de Cataluña, promovió una actuación urgente destinada a la retirada de árboles muertos y con riesgo de caída dentro del dominio público hidráulico, con el objetivo de evitar taponamientos y asegurar la funcionalidad del cauce. Las intervenciones han sido supervisadas técnicamente por Forestal Catalana.

Previo a la ejecución de los trabajos, en septiembre de 2024 se estableció un protocolo de marcaje que permitiera discriminar y conservar los ejemplares vivos, dada la dificultad de evaluación visual durante el periodo de defoliación. Para facilitar la priorización de intervenciones, se realizó una zonificación de la superficie en función del grado de afectación, a partir de vuelos con dron realizados en verano y visitas de campo posteriores. Se distinguieron tres grados de afectación:

- Alta: 1,13 ha
- Media: 14,34 ha
- Baja: 21,83 ha

En función del grado de afectación y el tramo fluvial, se definieron los siguientes criterios generales de actuación:

- Talar todos los árboles muertos situados en el cauce.
- Trocear in situ de los árboles muertos según el siguiente criterio:
 - 10 pies con diámetro normal (DN) >25 cm por cada 100 m lineales de cauce.
 - 20 pies de 10 cm < DN < 25 cm por cada 100 m.
 - Todos los pies con DN <10 cm.



- Retirar del cauce el resto de los ejemplares muertos que puedan suponer riesgo de obstrucción.

Los fustes se trocearon a una longitud aproximada de 80 cm y las ramas se trituraron in situ. Las intervenciones se ejecutaron durante el otoño de 2024, afectando finalmente una superficie total de 37 ha, excluyendo taludes y áreas periféricas. Se retiraron aproximadamente 2.500 toneladas de biomasa arbórea muerta, que fueron acopiadas en puntos habilitados.

Esta intervención ha dejado el área significativamente desprovista de cobertura arbórea funcional, lo que ha reducido la competencia ecológica natural frente a *Arundo donax*. Esta situación incrementa considerablemente la vulnerabilidad del sistema frente a la expansión de la especie invasora, especialmente si no se implementan medidas específicas de contención y restauración activa.

Aunque los orígenes de la alteración en los casos 1 y 2 difieren (incendio forestal en el primero y sequía extrema en el segundo), ambos comparten un escenario final convergente: la pérdida abrupta de la vegetación de ribera y la consecuente oportunidad de colonización por *Arundo donax* y otras especies invasoras. Este paralelismo proporciona un marco comparativo valioso para el desarrollo de estrategias de restauración fundamentadas en la experiencia acumulada. En el caso 2, a pesar de que todavía no se han planificado actuaciones específicas para el control de *Arundo donax*, la situación actual representa una oportunidad estratégica para intervenir de forma temprana. Los resultados obtenidos en el caso 1 ofrecen un referente técnico y operativo que puede orientar el diseño de futuras acciones, facilitando una respuesta eficaz y basada en evidencia científica.

Esta perspectiva comparativa fundamenta el análisis que se desarrolla a continuación sobre el caso 1, con el objetivo de proporcionar una base técnica sólida para la planificación de futuras actuaciones en contextos similares aún no intervenidos.

2. Objetivos

Las actuaciones descritas en el presente artículo tienen como finalidad la restauración ecológica de los bosques de ribera afectados por la expansión de *Arundo donax*, especie invasora con alta capacidad colonizadora, especialmente en entornos degradados por incendios, sequías o alteraciones antrópicas que reducen la competencia de la vegetación autóctona.

A partir de las actuaciones llevadas a cabo, se plantea evaluar la eficacia de diferentes técnicas de control mecánico aplicadas principalmente en el Monte Ribes de Segre II, y en menor medida en zonas piloto de los ríos Llobregat de Empordà y Muga. Estas intervenciones persiguen no solo reducir la densidad de *Arundo donax*, sino también facilitar la regeneración natural del ecosistema y establecer directrices aplicables a otros contextos con problemáticas similares.

1.

a. Objetivos generales

- Reducir la presencia y capacidad de rebrote de *Arundo donax* mediante la



- aplicación de técnicas mecánicas adaptadas a las condiciones del terreno.
- Restaurar la funcionalidad ecológica de los bosques de ribera mediante el debilitamiento progresivo de los rizomas de la caña y la promoción de especies autóctonas.
- Sentar las bases para una gestión adaptativa, sostenible y replicable en otros ecosistemas fluviales afectados por esta especie.

1.

a. **Objetivos específicos**

- Evaluar la efectividad de las distintas técnicas empleadas (arado de discos, subsolado, decapado) en función de la exposición solar, condiciones climáticas y edáficas.
- Identificar las limitaciones operativas y ecológicas de cada método y su influencia sobre el éxito de la intervención.
- Analizar la influencia de la temporalidad y frecuencia de las actuaciones sobre la capacidad regenerativa de la especie.
- Documentar el proceso de recuperación de la vegetación autóctona tras las actuaciones de control de *Arundo donax*.
- Establecer criterios técnicos y operativos para futuras intervenciones, incluyendo recomendaciones de aplicación en zonas actualmente en fase incipiente de colonización.

3. **Metodología**

Este estudio se centra en el análisis y evaluación de diferentes metodologías para el control de la especie *Arundo donax* en grandes superficies naturales, con el fin de reunir conocimiento experto que contribuya al objetivo de lograr proporcionar una oportunidad para la recuperación de los bosques de ribera tras una fuerte perturbación.

Para ilustrar esta problemática se han seleccionado dos casos de estudio en Catalunya que presentan características similares: amplias superficies ribereñas que, tras una alteración brusca, han quedado desprovistas de vegetación arbórea y han sido colonizadas por *Arundo donax*. Estos casos representan ejemplos tipo para el análisis metodológico:

- Monte de Utilidad Pública Ribes de Segre II, en el término municipal de Seròs (Lleida), afectado por un incendio en 2022.
- Riberas de los ríos Muga y Llobregat de Empordà (Girona), donde en 2024 se produjo una muerte en masa de la vegetación autóctona debido a un episodio de sequía extrema, vinculado al cambio climático.

En ambos escenarios, la administración autonómica ha realizado diversas actuaciones sobre *Arundo donax*, con resultados muy dispares. Estas intervenciones constituyen la base para el análisis comparativo de técnicas y la extracción de aprendizajes que puedan orientar futuras acciones de restauración ecológica en entornos similares.

3.

a. **Caso 1. Incendio forestal en una chopera abandonada**

i. Trabajos previos al proyecto (2022-2024)

Previamente a la ejecución del proyecto “Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre”, se han llevado a cabo un conjunto de intervenciones orientadas tanto a prevenir la expansión de *Arundo donax* hacia las áreas en las que aún no se encuentra completamente establecida, como a reducir su densidad en las zonas ya invadidas.

3.

a.

i.

1. Zonificación del área de actuación

Para facilitar la identificación, descripción y cuantificación de las distintas superficies, se ha dividido la zona de actuación, de 42,61 ha en total, en 10 parcelas diferenciadas en función de las características de vegetación.

La distribución de las 10 parcelas de actuación, con numeración codificada, es la siguiente:

Código	Descripción	Superficie (ha)
A1	Claras de mejora	2,14
C1	Caña continua	11,85
C2	Caña continua	3,88
C3	Caña continua	2,33
D1	Caña dispersa	3,57
L1	Caña lineal	0,93
P1	Zona de plantación	9,88
P2	Zona de plantación	2,75
R1	Revegetación natural	1,57
TP1	Tratamiento perimetral	0,47
		42,61

Tabla 1. Distribución parcelas actuación

Los distintos labrados realizados se han centrado en las parcelas C1, C2, D1, P1 y P2, por ser las que presentaban una alta colonización de caña americana. Y es que, con el paso del tiempo, estas parcelas habían sido progresivamente invadidas por esta especie hasta quedar casi completamente cubiertas. El motivo de actuar también sobre las zonas P1 y P2 (zonas originalmente de plantación, según el



planteamiento inicial del proyecto) es que los núcleos aislados de caña que se habían identificado durante el proceso de zonificación inicial, debido a la gran capacidad expansiva de la especie, se habían extendido, lo que motivó finalmente la inclusión de estas zonas en las labores de labrado.

3.
 - a.
 - i.

1. Técnicas de control

Con este propósito, se ha planteado realizar un conjunto de labrados que permitan controlar la invasión de la caña común. Las intervenciones se han llevado a cabo mediante el uso de arados de disco, una herramienta agrícola diseñada para labrar el suelo, fragmentar la estructura superficial de las raíces, y de manera indirecta, limitar la capacidad de regeneración vegetativa de la planta. El uso de arados de disco es una técnica ampliamente utilizada en la preparación del suelo para eliminar vegetación no deseada. Esta metodología fue seleccionada por su capacidad de penetrar en el suelo hasta una profundidad significativa para alcanzar los rizomas más superficiales de la caña común, lo cual es clave para limitar su reproducción vegetativa.

El arado de discos, dependiendo de la configuración del equipo y las características del suelo, actúa penetrando en el suelo hasta una profundidad de 20 a 40 centímetros. Durante el proceso, los discos rotativos cortan y voltean la capa superior del suelo, exponiendo parcialmente los rizomas y desestabilizando el sistema radicular de la caña. Este procedimiento no solo reduce el vigor de la caña al eliminar su fuente de energía aérea, sino que también facilita su posterior eliminación mediante otros métodos complementarios.

El labrado con discos permite además la fragmentación del suelo compacto, mejorando su aireación y estructura, lo cual es fundamental para preparar el terreno para tratamientos futuros, como la introducción de especies nativas que compitan con la caña. Asimismo, este proceso ayuda a reducir la densidad de los rizomas presentes en el área, disminuyendo así la capacidad de rebrote de la especie invasora.

Para maximizar la efectividad de la técnica, se realizaron varias pasadas con el arado en diferentes direcciones, asegurando una cobertura uniforme del terreno tratado. Esto permitió exponer una mayor proporción de rizomas al ambiente externo, donde son más vulnerables a la desecación, la descomposición o la eliminación manual. Sin embargo, cabe destacar que los rizomas más profundos no se ven afectados por este método.

3.
 - a.
 - i.

1. Limitaciones en la ejecución

En el caso de la parcela C3, aunque se trata de un cañar monoespecífico



completamente dominado por *Arundo donax*, se descartó realizar los distintos labrados debido a la dificultad técnica de aplicación por las características específicas del suelo. Esta parcela, localizada más cerca del río Segre que las otras, contiene un suelo más pedregoso y un nivel freático superficial, lo que dificulta la operatividad de la maquinaria empleada en las intervenciones. Las condiciones del terreno saturado de agua imposibilitaron el uso del arado de disco y otros equipos, ya que estos no podían operar con eficiencia en dichas circunstancias.

De esta manera, la parcela C3 se ha mantenido como un cañar de referencia, sin intervención, permitiendo comparar los resultados de las parcelas tratadas con aquellas en las que no ha sido posible actuar. Este enfoque proporciona un control útil para evaluar los efectos del labrado sobre los rizomas y la capacidad de regeneración de la caña americana en las áreas intervenidas.

3.

a.

i.

1. Planificación de las intervenciones

Intervenciones realizadas previas al proyecto:

Los labrados se han llevado a cabo a lo largo de un período de dos años, siguiendo una planificación estratégica que combina diferentes intervenciones mecánicas para maximizar la efectividad en el control de la caña americana. La estrategia principal ha sido intervenir antes de que los rebrotes superasen una altura de 50-70 centímetros, lo que permite limitar la acumulación de reservas en los rizomas. Esto se basa en el hecho de que, a medida que la planta desarrolla mayor longitud, incrementa su capacidad fotosintética, favoreciendo la transferencia de energía hacia sus estructuras subterráneas.

Hasta el momento, se han llevado a cabo las siguientes intervenciones para el control de caña:

- Septiembre de 2022: Se llevó a cabo un labrado inicial utilizando un arado de discos con un bulldozer de cadenas, que a la vez permitió el nivelado del terreno para facilitar futuras intervenciones.
- Octubre de 2022: Se realizó un segundo labrado con arado de discos acoplado a un tractor para debilitar los rebrotes iniciales y voltear el rizoma para que quedase en la superficie. En las zonas donde la caña alcanzaba alturas superiores a 2 metros, se empleó un bulldozer para realizar el decapado de la parte aérea de la planta. Posteriormente, se utilizó un subsolador para exponer parcialmente los rizomas en la superficie.
- Marzo de 2023: Se efectuó otro labrado, también con arado de discos, aprovechando las condiciones climáticas de la primavera, momento en que los rebrotes suelen empezar a emerger.



- Septiembre de 2023: Se realizó un nuevo labrado con arado de discos, aprovechando el final del verano, cuando los rizomas están en un estado más debilitado debido a las altas temperaturas y la menor disponibilidad de agua.
- Octubre de 2024: Se realizó un decapado con bulldozer, eliminando la parte aérea de la caña y exponiendo parte de los rizomas en la superficie. En los meses anteriores de 2024 no se habían realizado otras actuaciones porque estaba previsto haber iniciado la ejecución del proyecto “Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre” (que finalmente, por cuestiones administrativas, se prevé ejecutar durante el año 2025). Por ello, debido a la ausencia de acciones de control en un año, la caña alcanzó una altura superior a los 70 centímetros, lo que imposibilitó la ejecución de un labrado con arado de discos tal como se venía haciendo anteriormente. Esta situación hizo necesario recurrir a la técnica del decapado, que resulto más adecuada para tratar el estado avanzado de desarrollo de la caña.

Estrategia temporal de control previa al proyecto:

El periodo entre labrados se mantuvo corto, con el objetivo de evitar que el rebrote de la caña alcanzara una altura que dificultara la ejecución de las labores mecánicas. De esta manera, se trataba impedir que los rizomas tuvieran tiempo suficiente para acumular las reservas necesarias para sostener su desarrollo.

Las diferentes intervenciones se programaron preferentemente durante el final del verano y principios del otoño, entre los meses de agosto y octubre, por ser la época donde los rizomas están más debilitados debido a factores biológicos y ambientales. La explicación de ello es que, durante el verano, *Arundo donax* centra sus esfuerzos en el crecimiento de la parte aérea, tallos y hojas, para maximizar la fotosíntesis y producir biomasa. Hacia el final de la época estival, los rizomas han consumido una parte significativa de sus reservas almacenadas para sostener este crecimiento activo. En esta fase de latencia o baja actividad metabólica es cuando la planta comienza a ralentizar su actividad vegetativa en preparación para el invierno. La eliminación de la parte aérea en este momento crítico deja a los rizomas en un estado vulnerable, ya que no han logrado acumular suficientes reservas de carbohidratos para garantizar su regeneración en la siguiente temporada de crecimiento.

La acumulación de carbohidratos en los rizomas durante los meses de octubre y diciembre es clave para planificar intervenciones de control. Al realizarse actuaciones de eliminación de la parte aérea de la caña, se interrumpe el proceso de acumulación de reservas en los rizomas, lo cual debilita a la planta y reduce su capacidad para rebrotar en la siguiente temporada de crecimiento.

Por este motivo, el periodo que va entre final del verano y principios de otoño es una época estratégica para interrumpir el ciclo de acumulación de reservas de la



planta, reduciendo su capacidad de regeneración. Además, el hecho de que aún haya periodos de altas temperaturas y una menor disponibilidad hídrica en el suelo, añade un estrés adicional a la caña y debilita a los rizomas, que dependen de condiciones favorables para mantener su vitalidad.

3.

a.

i.

1. Impacto previsto de las técnicas

Al realizar estas intervenciones, el primer resultado esperado es la eliminación de la parte aérea de la caña. La ausencia o reducción de tallos y hojas disminuye significativamente la capacidad fotosintética de la planta. Al perder su fuente principal de energía, los rizomas disponen de menos recursos para desarrollar nuevos brotes, lo que limita su capacidad de regeneración.

Además, el paso del arado de discos fragmenta el suelo y expone parte de los rizomas superficiales al ambiente externo. Al quedar expuestos al aire, al sol y a las amplias variaciones de temperatura características de esta zona, los rizomas tienen mayores probabilidades de secarse, descomponerse o ser eliminados mediante métodos complementarios. No obstante, cabe señalar que los rizomas fragmentados también pueden regenerarse, lo que hace necesario un seguimiento continuo y la aplicación de intervenciones adicionales para evitar su rebrote.

Tras varias intervenciones con el arado, se prevé una disminución progresiva de la densidad de caña inicial en el área tratada; es decir, menor número de brotes nuevos por unidad de superficie.

La intervención con arado de discos ofrece un control temporal de la expansión de *Arundo donax*, reduciendo su capacidad de propagación y de monopolizar el espacio. Este resultado es fundamental para ganar tiempo y preparar el terreno para el desarrollo e instauración de un nuevo ecosistema autóctono (en este caso, planificado a través de las actuaciones previas planteadas en el proyecto “Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre”).

3.

a.

i. Intervenciones contempladas dentro del proyecto

“Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre” (2025-2026)

1. Intervenciones realizadas

Desbroce y trituración del rizoma:

Esta actuación se ha llevado a cabo en la parcela L1, donde se encuentra un único núcleo denso de caña, distribuido linealmente en el área norte de la zona de intervención, y asociado a una infraestructura de riego que limita el tratamiento superficial de la vegetación.



En primer lugar, se ha realizado un desbroce mecánico de la parte aérea de la caña utilizando una retroexcavadora equipada con un cabezal desbrozador. Posteriormente, se ha excavado el terreno hasta una profundidad de 50 centímetros, con el objetivo de extraer completamente los rizomas.

Una vez separado los rizomas de las tierras, se ha procedido a enterrarlos a una profundidad superior de 1,5 metros, poniéndolos en contacto con el nivel freático, con la finalidad de favorecer su ahogamiento y descomposición.

3.

a.

i.

1. Intervenciones pendientes de realizar

Labrado y desbroce mecanizado:

Esta actuación se llevará a cabo en las parcelas C1, P1, P2 y parte de C2, con los objetivos anteriormente enumerados y siguiendo la misma metodología que en el subcapítulo de *Técnicas de control: Labrado con arado de discos*.

Desbroce mecanizado y posterior inundación:

Esta actuación se llevará a cabo en la parcela C3, donde se encuentra un cañaveral monoespecífico y denso de *Arundo donax*. Aprovechando las condiciones favorables de esta parcela (cota baja, topografía llana y presencia de canales de riego) se implementará una prueba piloto que consiste en la inundación controlada del área, con el objetivo de ahogar los rizomas de la caña. Se prevé inundar la parcela tras haber realizado un tratamiento inicial sobre su parte aérea. La parcela se encuentra parcialmente delimitada por motas.

En primer lugar, se efectuará un desbroce mecanizado de la parte aérea de la caña mediante una desbrozadora de martillos, reduciendo la longitud de los tallos a menos de 20 centímetros. A continuación, se llevará a cabo el nivelado y refuerzo de las motas existentes, de forma que permitan contener el flujo de agua sobrante de la red de riego, posibilitando la inundación controlada de la parcela.

La parcela permanecerá inundada durante el tiempo necesario para que los rizomas de la caña pierdan su capacidad de rebrote debido a la anoxia generada en condiciones de inundación prolongada. Se estima que este periodo tendrá una duración mínima de un año.

Una vez transcurrido este tiempo, se evaluará la posibilidad de vaciar de agua la parcela y proceder a la implantación de un bosque de ribera, o bien mantener la zona inundada de manera permanente, aprovechando la creación de un nuevo hábitat acuático favorable para la biodiversidad local.



Desbroce mecanizado sucesivo:

Esta actuación se llevará a cabo dentro de la parcela D1, donde se encuentran núcleos de caña en expansión, muy consolidados, y que se encuentran situados de manera dispersa por la zona de actuación.

En primer lugar, se realizará un desbroce mecanizado de la parte aérea de la caña, sin extraer el rizoma. Esta intervención inicial será seguida por actuaciones de mantenimiento en forma de desbroces sucesivos, que podrán realizarse de manera manual o mecanizada, dependiendo de las condiciones específicas de la vegetación en el momento de la ejecución.

Tratamiento perimetral:

Esta actuación se llevará a cabo en núcleos de caña de diferentes densidades distribuidos a lo largo del perímetro de la zona de intervención. Inicialmente, se eliminará la parte aérea de la caña mediante desbroce mecanizado. Posteriormente, se realizarán varias pasadas con una picadora de piedra sobre las superficies tratadas, asegurando la trituración de los rizomas superficiales.

El objetivo principal de esta intervención es crear una barrera física perimetral que limite la expansión de *Arundo donax* fuera de los límites de la zona de actuación, evitando la colonización de áreas adyacentes no invadidas. Esta barrera también facilitará las labores de mantenimiento y permitirá un control eficaz de las poblaciones de caña en el futuro.

La implementación de esta estrategia también mejorará la accesibilidad al perímetro, lo que permitirá realizar intervenciones de seguimiento de manera más eficiente, tanto para eliminar nuevos brotes como para evaluar la efectividad del control a lo largo del tiempo.

Para garantizar la sostenibilidad de la barrera, se deberían planificar mantenimientos periódicos de la caña con maquinaria ligera, de manera que se pueda actuar rápidamente ante posibles rebrotes.

Aplicación de astilla de chopo:

Esta actuación consiste en el astillado de los restos de chopos provenientes de la corta realizada en esta ribera tras el incendio de 2022. Aunque la gran mayoría de los chopos quemados fueron desemboscados inmediatamente, algunos de ellos, por diversas circunstancias, quedaron apilados en el cargadero ubicado entre las parcelas C1 y C2.



La astilla generada se utilizará para cubrir una parte de la parcela C2 que previamente habrá sido desbrozada. El espesor mínimo de la capa de astilla será de 25 centímetros, asegurándose de que quede nivelada sobre el terreno. Esta cobertura física tiene como objetivo principal evitar que la luz solar llegue al suelo, impidiendo el desarrollo de la parte aérea de la caña. Al no poder realizar la fotosíntesis, la planta no generará los carbohidratos necesarios para nutrir a sus rizomas, que irán debilitándose progresivamente y reduciendo su capacidad de rebrote.

Además, la descomposición gradual de la astilla promoverá la actividad biológica en el suelo y facilitará el desarrollo de hongos y la presencia de invertebrados xilófagos que podrían atacar directamente a los rizomas de la caña.

3.

a. **Caso 2. Bosque de ribera muerto en masa por sequía**

En el momento de redacción de este estudio no se ha definido ni implementado una metodología de actuación para el segundo caso de estudio (bosques de ribera de los ríos Muga y Llobregat afectados por una muerte masiva de vegetación inducida por sequía) pero se ha considerado oportuno su análisis desde una perspectiva comparativa.

La inclusión de este caso permitirá:

- Evaluar un escenario aún no gestionado, pero que presenta condiciones ecológicas similares a las observadas en áreas ya invadidas por *Arundo donax* como es el caso 1.
- Aplicar un enfoque de transferencia de conocimiento, utilizando los resultados obtenidos en el caso 1 como base para diseñar futuras estrategias de intervención.
- Tener en cuenta la importancia de la anticipación y la respuesta temprana en contextos donde la alteración del ecosistema favorece la colonización de especies invasoras.

El enfoque comparativo entre un caso con experiencia de gestión acumulada u otro aún sin intervención proporciona un marco útil para la elaboración de directrices aplicadas a situaciones emergentes. Se busca facilitar la planificación adaptativa y la toma de decisiones fundamentadas en escenarios análogos, contribuyendo al desarrollo de estrategias de restauración más eficientes y sostenibles.

3.

a. **Consideraciones finales sobre la metodología aplicada**

Cada intervención descrita en este capítulo ha sido diseñada considerando las



características específicas de las parcelas y las consideraciones ambientales del área de actuación.

Todas las actuaciones descritas tienen como finalidad la reducción de la densidad de *Arundo donax* en las zonas invadidas, el fomento de la regeneración natural de la vegetación autóctona y la preparación del terreno para la implementación de estrategias de restauración forestal en los bosques de ribera.

Aunque las técnicas empleadas han sido seleccionadas por su efectividad y adaptabilidad a las condiciones del área, es importante considerar que algunos métodos pueden tener limitaciones específicas, como la capacidad de penetración del arado de discos en suelos más pedregosos, la circulación de la maquinaria en zonas encharcadas o la regeneración de los rizomas que no han sido eliminados por completo. Estas limitaciones serán analizadas en mayor detalle en los capítulos de resultados y discusión, donde se evaluará su impacto sobre la eficiencia global del tratamiento aplicado.

4. Resultados

5.

a. Resultados del Caso 1. Incendio forestal en una chopera abandonada

El presente capítulo detalla los resultados obtenidos tras las intervenciones mecánicas implementadas entre septiembre de 2022 y octubre de 2024 en el Monte Ribes de Segre II, con el objetivo de controlar *Arundo donax* en áreas invadidas y preparar el terreno para su futura restauración forestal. Estas intervenciones incluyeron el uso de arado de discos y decapado mecanizado, cuya efectividad y limitaciones se describen a continuación.

Los trabajos realizados en marzo de 2025, en el marco del proyecto “Restauración forestal de zonas quemadas en las Riberas del Segre”, no se incluyen en este análisis de resultados, ya que, al momento de redacción del presente estudio, sus efectos aún no son observables ni evaluables, solo se ha incluido documentación fotográfica en el apartado correspondiente.

4.

a.

i. Resultados de las intervenciones por cronología

1. Septiembre de 2022: Resultados del labrado inicial con bulldozer de cadenas

El nivelado del terreno optimizó las condiciones para el acceso y el manejo de las intervenciones posteriores. Los rizomas superficiales, los que se encuentran en los primeros 30 centímetros, quedaron expuestos, incrementando su vulnerabilidad a la descomposición y reduciendo parcialmente su viabilidad.

La penetración del arado fue menos eficiente en áreas con suelos compactos o pedregosos, lo que habría limitado la exposición de algunos rizomas.



- 4.
 - a.
 - i.

- 1. Octubre de 2022: Resultado del segundo labrado con tractor y decapado y subsolado con bulldozer

Se logró un volteo efectivo del rizoma, exponiéndolo al sol y reduciendo su capacidad de regeneración. Además, se observó una disminución significativa de los rebrotes en comparación con las parcelas donde no se habían aplicado tratamientos. En las áreas intervenidas, los rebrotes fueron menos densos y de menor vigor, lo que refleja el éxito del tratamiento en estas condiciones.

En áreas con menor densidad de caña, la efectividad del tratamiento fue mayor, mientras que en zonas sombreadas algunos rizomas mostraron capacidad de rebrote. Asimismo, el uso del bulldozer y el subsolador en cañas de gran altura fue clave para preparar el terreno para futuras intervenciones.

- 4.
 - a.
 - i.

- 1. Marzo del 2023: Resultado del labrado primaveral con arado de discos

La eliminación de rebrotes emergentes debilitó significativamente los rizomas. Alrededor de la vegetación existente, en condiciones de umbría, se observó un rebrote más rápido en comparación con suelos soleados.

La densidad de rebrotes disminuyó aproximadamente un 30 % respecto al estado inicial.

- 4.
 - a.
 - i.

- 1. Septiembre de 2023: Resultados del labrado estival

Los rizomas fragmentados y expuestos mostraron altos niveles de descomposición en parcelas expuestas al sol. Se observó una reducción significativa de los rebrotes en las semanas posteriores.

El tratamiento fue especialmente eficaz en suelos secos, pero menos efectivo en áreas con vegetación residual.

- 4.
 - a.
 - i.

- 1. Octubre de 2024: Resultados del decapado con bulldozer

La eliminación de la parte aérea redujo temporalmente la capacidad fotosintética de la caña. Los rizomas expuestos mostraron signos de debilitamiento tras varias



semanas. Tras dos meses de esta intervención no se observaron rebrotes.

Esta intervención permitió recuperar el control sobre parcelas con alta densidad de caña y facilitó la preparación del terreno para las actividades de restauración previstas.

4.

a.

i. Análisis general de los resultados

1. Evolución de la densidad de *Arundo donax*

- Las intervenciones realizadas durante los dos años de trabajo lograron una reducción progresiva de la densidad de *Arundo donax* a lo largo de los dos años de trabajo.
- Se observó una disminución acumulativa del 40 % en los rebrotes en las parcelas tratadas. Sin embargo, esta reducción mostró variaciones en función de las técnicas aplicadas y las condiciones específicas de cada terreno, como la densidad inicial de la caña y la exposición solar.
- El diámetro medio de los brotes se redujo significativamente, pasando de valores iniciales de 2-3 centímetros a un promedio de 0,5 centímetros. Esta disminución en el grosor de los brotes indica un debilitamiento progresivo del sistema radicular de la caña, lo que sugiere una menor capacidad de regeneración y vigor de la especie invasora.

4.

a.

i.

1. Efectividad de las técnicas empleadas

- El uso del arado de discos resultó particularmente eficaz durante las etapas iniciales del tratamiento, especialmente en suelos menos compactos, donde la maquinaria pudo penetrar y voltear el rizoma de manera eficiente.
- El decapado, acompañado del subsolado, se demostró como una solución adecuada para tratar situaciones donde el crecimiento de la caña había alcanzado alturas significativas. Sin embargo, este método presenta un coste operativo más elevado debido a la maquinaria especializada y el tiempo requerido.
- Las condiciones climáticas, como las altas temperaturas y la sequía, contribuyeron significativamente al debilitamiento de los rizomas expuestos, maximizando la efectividad de las intervenciones realizadas.

4.

a.

i. Limitaciones observadas

- Las técnicas empleadas presentaron limitaciones en áreas con suelos pedregosos o compactos, así como en zonas con vegetación densa que dificultó o imposibilitó el acceso.
- La ausencia de intervenciones continuas durante el 2024 permitió la regeneración de la caña, lo que subraya la importancia de un seguimiento

constante.

4.

a.

i. Conexión con los objetivos

- Las intervenciones realizadas han demostrado ser eficaces para controlar *Arundo donax* en las parcelas tratadas, reduciendo significativamente su densidad y preparando el terreno para las próximas actividades de restauración forestal
- La evaluación de las técnicas utilizadas aporta información valiosa para la planificación de acciones futuras en contextos similares, como en el caso 2 Bosque de ribera muerto en masa por sequía.

4.

a.

i. Documentación fotográfica de las intervenciones: Cambios en la cobertura de *Arundo donax*

En este capítulo se presentan los hallazgos derivados del análisis de los efectos del labrado sucesivo sobre el cañizal, con especial énfasis en el crecimiento de la caña y los cambios en el suelo. Para documentar estos resultados, se emplearon registros fotográficos que capturan de manera visual las transformaciones observadas, desde el estado previo al incendio, hasta la situación actual, tras las diversas intervenciones realizadas.

Las primeras fotografías fueron tomadas el 30 de mayo, 22 días después del incendio. En dichas imágenes se observó un crecimiento promedio de la caña de aproximadamente 40 centímetros durante este periodo.



Figura 1. Caña en crecimiento después del incendio. 30-05-2022



Figura 2. Caña en crecimiento después del incendio. 30-05-2022

Las siguientes imágenes fueron tomadas el 5 de julio de 2022, 58 días después del incendio. En esta fecha las cañas había alcanzado una altura promedio de 170 cm.





Figura 3. Árbol calcinado junto a caña en expansión. 05-07-2022 al lado Caña en crecimiento después del incendio. 30-05-2022

Durante los meses posteriores al incendio la caña se expandió por la mayor parte de la zona de estudio. Las siguientes fotografías fueron tomadas antes de la primera intervención, cuando las cañas habían alcanzado alturas superiores a los 150 centímetros.



Figura 4. Vista aérea de la invasión de *Arundo donax*. 23-08-2022

A continuación, se observa en la imagen el estado de la superficie del terreno tras el primer labrado con arado de discos, acompañado del nivelado ejecutado con el bulldozer de cadenas. Este proceso inicial permitió la eliminación de la mayor parte de la vegetación aérea y la exposición de una proporción significativa de los rizomas de *Arundo donax*. Además, el nivelado del terreno tuvo como objetivo mejorar las condiciones para futuras intervenciones, facilitando el acceso de la maquinaria y optimizando la eficacia de las siguientes labores de control. La homogeneidad lograda en el terreno reduce la posibilidad de acumulación de rizomas en áreas irregulares y prepara el área para un tratamiento más efectivo en los sucesivos labrados.



Figura 5. Vista aérea de la expansión de *Arundo donax*. 19-08-2022



Figura 6. Vista aérea después de la primera intervención de labrado. 22-09-2022



Figura 7. Vista aérea después de la primera intervención de labrado y maquinaria empleada. 22-09-2022

Después del primer labrado, los rebrotes de caña emergieron rápidamente, alcanzando alturas de entre 60 y 100 centímetros. El intervalo entre la primera y la segunda intervención fue de 27 días. La segunda intervención obtuvo resultados más efectivos debido a las condiciones climáticas favorables del período en que se

llevó a cabo y a que también se intervino en zonas donde la caña tenía alturas superiores a 2 metros, facilitando las siguientes intervenciones en estas zonas. En las siguientes imágenes se observa la maquinaria empleada realizando las distintas intervenciones.



Figura 8. Bulldozer realizando el decapado de cañas superiores a 2 m. 31-10-2022



Figura 9. Vista aérea de la superficie tratada ejecutando el segundo labrador. 18-10-

2022



Figura 10. Vista aérea del tractor de GEPIF realizando el tercer labrado. 30-03-2023

En la tercera intervención, a inicios de la primavera de 2023, apenas había emergido nuevos rebrotes, y los que surgieron apenas habían alcanzado los 30 centímetros. Esta intervención, enfocada a exponer y fragmentar los rizomas dio muy buenos resultados, debido al contraste de temperaturas, con el que se consiguió que los rizomas perdieran la capacidad de rebrote.

A mediados de agosto de 2023, cinco meses después de la última intervención, las cañas habían alcanzado alturas medias de 50 centímetros. Los resultados más destacables fueron la reducción de la densidad de los núcleos, donde se observó que la caña no se había expandido y los núcleos consolidados no mostraban la misma densidad que antes de la primera intervención. El diámetro de los rebrotes, en su estado inicial, también se vio reducido, observando rebrotes con apenas un centímetro de grosor.



Figura 11. Vista aérea del crecimiento de *Arundo donax* junto a la torre de observación. 14-08-2023



Figura 12. Vista aérea después del cuarto labrado realizado por GEPIF. 27-09-2023

La intervención realizada en septiembre de 2023 permitió exponer una mayor cantidad de rizomas en la superficie. Con el rizoma fragmentado y expuesto durante las intervenciones anteriores y el que se expuso en esta intervención, la mayor parte de la superficie tratada mostraba rizomas en superficie. Esta exposición al estrés térmico provocó el debilitamiento de los rizomas, los cuales no pudieron activar adecuadamente sus procesos de crecimiento y rebrote, lo que resultó en una reducción significativa de su viabilidad. La exposición prolongada a

las variaciones térmicas, especialmente en el contexto de fluctuaciones térmicas extremas, contribuyó a la muerte de una parte de los rizomas, dificultado su regeneración.



Figura 13. Rizoma en superficie después de meses expuestos a estrés térmico.05-02-2024



Figura 15. Rebrotos de *Arundo donax* tres 4 intervenciones. 05-02-2024

Durante los primeros meses de 2024, se observó que se había frenado totalmente la expansión de *Arundo donax*. La reducción de la densidad de los núcleos era más evidente y el diámetro de los brotes no superaba el centímetro en ningún caso. Los primeros rebrotos surgieron en abril, pero debido a la falta de intervenciones la altura de las cañas alcanzó los 80 centímetros en junio. La siguiente intervención no se pudo realizar hasta octubre, casi un año después del último labrado. Tras esta última intervención, a pesar del tiempo transcurrido, los rebrotos de la caña surgieron con un diámetro inferior a un centímetro. Dos meses después de esta intervención, los rebrotos no alcanzan los 30 centímetros.



Figura 15. Rebrotos de *Arundo donax* tres 4 intervenciones. 05-02-2024



Figura 17. Vista aérea después de la quina intervención, el decapado. 16-12-2024

En febrero de 2025 se inició el proyecto con el desbroce de la caña y la extracción y enterrado del rizoma. Las siguientes imágenes muestran el estado inicial y el

estado en el que se encuentra esa superficie en abril.



Figura 18. Vista aérea de la parcela L1 antes del inicio del proyecto. 29-01-2025



Figura 19. Vista aérea de la parcela L1 después de la intervención. 16-04-2025



4.

a. **Resultados obtenidos en otras zonas de estudio**

En áreas distintos del Monte de Ribes de Segre II, pero en condiciones similares, donde también se han llevado a cabo intervenciones para eliminar los núcleos de *Arundo donax*, se han realizado diversos trabajos con resultados dispares:

- Eliminación de la parte aérea y extracción mecánica del rizoma con transporte de este a vertedero: Esta técnica ha mostrado ser muy eficaz, pero presenta altos costes económicos debido a la complejidad del proceso y el transporte del material extraído.
- Eliminación de la parte aérea, extracción mecánica del rizoma y trituración de este: Esta intervención ha demostrado ser eficaz, aunque los rebrotes emergen a los pocos meses, pero con una menor densidad. El coste económico es medio, lo que lo hace una opción más viable en términos de coste-beneficio en comparación con la eliminación completa.
- Eliminación de la parte aérea, extracción mecánica del rizoma y enterrado a más de dos metros de profundidad: Esta técnica también ha resultado ser eficaz, sin embargo, presenta dificultades logísticas debido a la dificultad de encontrar sitios adecuados para el enterrado de los rizomas. El coste económico es medio, pero el éxito depende de la correcta implementación de la técnica.

4.

a. **Valoración preliminar de los resultados**

- Los resultados obtenidos respaldan la eficacia de las técnicas implementadas para el control de *Arundo donax*, destacando la importancia de un manejo continuo y adaptativo.
- Las intervenciones realizadas durante el período de estudio han permitido avanzar en el objetivo de restaurar la funcionalidad ecológica de los bosques de ribera afectados.

5. **Discusión**

6.

a. **Análisis de la efectividad de las intervenciones del caso 1**

El análisis de la efectividad de las intervenciones realizadas en el control de *Arundo donax* durante el período 2022-2024 permite identificar los logros alcanzados y las limitaciones inherentes a cada técnica empleada. En este apartado, se debaten los resultados obtenidos y su relación con las estrategias de manejo empleadas.

5.

a.

- i. Septiembre de 2022: Análisis del labrado inicial con bulldozer de cadenas

Efectividad alcanzada: El labrado profundo con arado de discos permitió la exposición superficial de los rizomas presentes en los primeros 30 centímetros del



suelo. Esta acción inicial mejoró las condiciones para las siguientes intervenciones al nivelar el terreno y facilitar el acceso de maquinaria. Aunque se logró reducir parcialmente la viabilidad de los rizomas expuestos, la compactación en áreas de suelos pedregosos limitó la eficacia en estas zonas, dejando rizomas más profundos intactos.

Limitaciones identificadas: La eficiencia de penetración del arado disminuyó significativamente en terrenos compactos o con piedras, lo que dejó ciertos núcleos de rizomas protegidos de la exposición solar, y, por tanto, con mayor capacidad de regeneración.

5.
 - a.
 - i. Octubre de 2022: Análisis del segundo labrado con tractor y decapado y subsolado con bulldozer

Efectividad alcanzada: El segundo labrado combinado con el decapado de cañas de gran altura y el uso del subsolador resultó en un volteo efectivo de rizomas y la exposición de una mayor proporción de estos. Esto debilitó la regeneración de la caña, especialmente en parcelas soleadas, donde la exposición directa al sol aceleró la descomposición de los rizomas. En comparación con áreas no intervenidas, se observó una reducción notable en la densidad y vigor de los rebrotes.

Limitaciones identificadas: en algunas zonas más sombreadas, algunos rizomas mostraron capacidad de rebrote, lo que subraya la influencia de la insolación en la efectividad de las técnicas. Además, en áreas de menor densidad de cañas, la intervención fue más eficiente debido a la menor competencia por recursos.

5.
 - a.
 - i. Marzo de 2023: Análisis del labrado primaveral con arado de discos

Efectividad alcanzada: Aprovechando el inicio del ciclo de crecimiento de la caña en primavera, el labrado permitió la eliminación de rebrotes emergentes, debilitando los rizomas subyacentes. Esta intervención resultó en una disminución de aproximadamente un 30 % en la densidad de rebrotes respecto al estado inicial.

Limitaciones identificadas: La intervención fue menos efectiva en áreas sombreadas, donde los rizomas mostraron un crecimiento más vigoroso debido a condiciones más favorables para la regeneración. Este aspecto resaltó la importancia de combinar intervenciones mecánicas con otras técnicas en zonas de baja insolación.

- 5.



- a.
- i. Septiembre de 2023: Análisis del labrado estival

Efectividad alcanzada: La intervención al final del verano maximizó el debilitamiento de los rizomas debido a las altas temperaturas y la escasez de agua. En parcelas expuestas al sol, los rizomas fragmentados mostraron altos niveles de descomposición, lo que se tradujo en una significativa reducción de rebrotes en las semanas siguientes.

Limitaciones identificadas: En áreas donde persistían restos de vegetación residual o con mayor humedad, la intervención fue menos efectiva, evidenciando la influencia de las condiciones edáficas y climáticas sobre los resultados obtenidos.

- 5.
- a.
- i. Octubre de 2024: Análisis del decapado con bulldozer

Efectividad alcanzada: Ante la densidad y altura de la caña, superior a 150 centímetros, causada por la ausencia de intervenciones previas en 2024, el decapado mecánico resultó ser la técnica más adecuada. La eliminación de la parte aérea redujo temporalmente la capacidad fotosintética de la planta, mientras que la exposición parcial de rizomas favoreció su debilitamiento. No se observaron rebrotes en las semanas posteriores, lo que permitió recuperar el control sobre las parcelas y preparar el terreno para futuras actividades de restauración.

Limitaciones identificadas: Aunque el decapado permitió un control inmediato de la vegetación aérea, los rizomas más profundos permanecieron intactos, lo que podría requerir un seguimiento riguroso para prevenir rebrotes a largo plazo.

- 5.
- a. **Limitaciones inherentes a las técnicas**

El análisis de las intervenciones realizadas en el control de *Arundo donax* ha evidenciado ciertas limitaciones inherentes a las técnicas empleadas. Estas limitaciones se relacionan con las características específicas del terreno, las condiciones climáticas y la biología de la especie invasora, y deben considerarse en futuros proyectos de gestión. A continuación, se describen las principales limitaciones detectadas.

- 5.
- a.
- i. Labrado con arado de discos
- Profundidad de acción limitada: El arado de discos mostró una eficiencia limitada para alcanzar rizomas situados a profundidades superiores a los 30 cm. Esto resultó en la regeneración de rizomas más profundos que no fueron afectados directamente.
 - Eficiencia en terrenos compactados o pedregosos: En suelos compactados o



con alta densidad de piedras, la capacidad del arado para penetrar de manera uniforme fue reducida.

- Rebrote en áreas sombreadas: Las zonas con menor exposición solar favorecieron el rebrote de los rizomas, ya que la falta de radiación directa y temperaturas más bajas limitaron su desecación y descomposición.

El arado de discos es más efectivo en terrenos homogéneos y bien expuesto al sol. En terrenos irregulares o con vegetación densa, puede ser necesario combinarlo con otras técnicas.

5.

a.

i. Decapado con bulldozer

- Control parcial de los rizomas: Aunque la eliminación de la parte aérea redujo la capacidad fotosintética de la planta, los rizomas subyacentes permanecieron mayoritariamente intactos. Esto implica que la técnica, por sí sola, no es suficiente para un control sostenible.
- Impacto en el terreno: El decapado puede compactar el suelo en ciertas condiciones, dificultando el crecimiento de especies autóctonas durante las fases de restauración posteriores.

El decapado es más efectivo cuando se combina con otras técnicas que actúan directamente sobre los rizomas.

5.

a.

i. Subsulado con bulldozer

- Riesgo de propagación de rizomas por la fragmentación: aunque el subsulado expone los rizomas, al fragmentarlos podría estimular la propagación en parcelas no gestionadas.
- Impacto en la estructura del suelo: La acción del subsolador, si no se maneja cuidadosamente, puede alterar la estructura del suelo, afectando la infiltración de agua y la estabilidad del terreno.

El subsulado es especialmente útil en combinación con otras técnicas que aproveche la exposición de los rizomas, como la trituración, el enterrado o el transporte a vertedero.

5.

a.

i. Temporalidad y frecuencia de las intervenciones

- Estacionalidad del rebrote: Las intervenciones realizadas fuera de las épocas críticas de crecimiento (primavera y verano) mostraron una menor efectividad en el debilitamiento de los rizomas. Por ejemplo, los labrados realizados en otoño mostraron una reducción más limitada de los rebrotes.
- Intervalos largos entre intervenciones: En los períodos en los que no se realizaron tratamientos, como en el 2024, la caña mostró un rebrote vigoroso que dificultó la posterior gestión. Esto evidencia la necesidad de una frecuencia adecuada de intervenciones para mantener el control de la



- población.
5.
 - a.
 - i. Influencia de las condiciones del terreno y el clima
- Zonas sombreadas: En áreas con baja insolación, la eficacia de todas las técnicas mecánicas disminuyó debido a la menor desecación y descomposición de los rizomas expuestos.
 - Condiciones de humedad: En suelos con mayor humedad, la regeneración de rizomas fue más rápida, especialmente en parcelas que no recibieron suficiente radiación solar directa.
 - Suelos pedregosos: Estas áreas representaron un desafío para todas las técnicas, limitando la penetración de los equipos.

Las condiciones climáticas deben ser evaluadas previamente para ajustar las técnicas a las particularidades del terreno.

5.
 - a. **Implicaciones para la gestión forestal y restauración ecológica**

Este apartado analiza cómo las acciones realizadas para controlar *Arundo donax* afecta tanto a la gestión forestal como a la restauración de los bosques de ribera. Los resultados obtenidos en este estudio permiten extraer lecciones clave que pueden ser aplicadas en futuros proyectos para mejorar la eficacia del control de especies invasoras y promover la recuperación de ecosistemas ribereños.

5.
 - a.
 - i. Importancia del control de *Arundo donax* en bosques de ribera
- La expansión de la caña en los bosques de ribera presenta una amenaza significativa para la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas.
 - La eficiencia de las intervenciones realizadas demuestra que las técnicas de control deben adaptarse a las características específicas del terreno y al estado de desarrollo de la invasión.

5.
 - a.
 - i. Selección de técnicas apropiadas
- Los resultados muestran que la combinación de técnicas mecanizadas es eficaz para reducir las reservas de energía almacenadas en los rizomas y limitar el rebrote.
 - Sin embargo, es fundamental evaluar las limitaciones de estas técnicas y complementar estas acciones con otras intervenciones mecánicas o manuales.

5.
 - a.
 - i. Temporalidad y frecuencia de las intervenciones

Las épocas críticas de crecimiento son momentos clave para actuar sobre la caña. Sin embargo, también es necesario planificar intervenciones en momentos en que los rizomas están más debilitados, como al final del verano, para maximizar la



eficacia de las técnicas aplicadas.

Los intervalos entre actuaciones deben ser lo suficientemente cortos para evitar que la caña recupere su vigor y se expanda.

5.

a.

i. Fomento de especies autóctonas

La reducción de la densidad de la caña es una oportunidad para implementar proyectos de restauración enfocados en la regeneración natural de especies ribereñas autóctonas.

5.

a. **Consideraciones finales para la gestión de ecosistemas invadidos**

- La integración de estrategias de control a largo plazo es esencial, ya que *Arundo donax* posee una alta capacidad de regeneración si no se realizan actuaciones periódicas.
- Es esencial destinar recursos para el monitoreo continuo y la sensibilización de las comunidades locales sobre la importancia de mantener los ecosistemas ribereños libres de especies invasoras.
- Este estudio demuestra que, aunque las técnicas empleadas requieren inversiones considerables en maquinaria, tiempo e inversiones económicas, los beneficios en términos de biodiversidad, funcionalidad ecológica y resiliencia de los ecosistemas justifican los esfuerzos realizados.

6. **Conclusiones**

7.

a. **Resultados generales del control de *Arundo donax***

Las intervenciones realizadas han demostrado ser efectivas para reducir progresivamente la densidad y capacidad de rebrote de *Arundo donax* en los bosques de ribera afectados. La combinación de técnicas mecanizadas como el arado de discos, el decapado y el subsolado permitió debilitar los rizomas y facilitar el manejo posterior de las parcelas tratadas.

6.

a. **Importancia de la planificación adaptativa**

Los resultados obtenidos confirman que no existe una técnica única o universal para el control de *Arundo donax*. La elección de los métodos debe ser adaptada a las características específicas de cada parcela, incluyendo factores como la densidad de la caña, la topografía, el tipo de suelo y las condiciones climáticas.

6.

a. **Limitaciones identificadas**

En suelos compactados o pedregosos, la penetración de los arados y subsolados fue menos eficiente, lo que limitó la exposición de rizomas en estas áreas.



En zonas sombreadas o con más cobertura vegetal, los rizomas mostraron una mayor capacidad de rebrote, lo que sugiere la necesidad de estrategias complementarias para estos contextos.

Las condiciones de inactividad en las parcelas durante largos períodos, como en el caso de 2024, permitieron un desarrollo significativo de la caña, dificultando las intervenciones posteriores.

6.

a. Necesidad de un enfoque integrado

Los trabajos realizados destacan la importancia de combinar técnicas mecánicas con estrategias complementarias, como el uso de coberturas vegetales autóctonas, para maximizar la eficacia del control y minimizar el impacto ambiental. Además, la restauración ecológica debe estar integrada desde el inicio de los proyectos para garantizar la recuperación sostenible de los ecosistemas.

6.

a. Espacio para la innovación

Este estudio resalta la necesidad de continuar explorando y desarrollando nuevas técnicas para el control de *Arundo donax*. Aunque las técnicas empleadas han mostrado resultados positivos, no son definitivas ni infalibles. Se invita a la comunidad técnica a aportar ideas innovadoras, probar métodos alternativos y compartir experiencias que complementen las estrategias actuales.

6.

a. Implicaciones para la gestión futura

Para asegurar la eficacia de los proyectos de control de especies invasoras, es esencial mantener un monitoreo continuo y evaluar periódicamente los resultados de las intervenciones. Esto permitirá ajustar las estrategias en función de las dinámicas del ecosistema y garantizar la sostenibilidad de los esfuerzos de restauración.

6.

a. Conclusión final

El control de *Arundo donax* en ecosistemas ribereños representa un desafío de elevada complejidad, que exige la aplicación de enfoques integrados, adaptativos y sostenibles. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la combinación estratégica de técnica adecuada, planificadas en función de las condiciones específicas del terreno y del estado de la vegetación, permite avanzar de forma significativa hacia la recuperación ecológica de estos sistemas altamente perturbados.

No obstante, la sostenibilidad de los logros alcanzados dependerá en gran medida de la continuidad en las actuaciones, así como de la colaboración entre gestores del territorio, investigadores y comunidades locales. Esta colaboración es fundamental



para ajustar y perfeccionar las intervenciones a medida que evolucionan las condiciones ecológicas, climáticas y socioeconómicas.

La eficacia del control a largo plazo requiere implementar un régimen de manejo que incluya intervenciones de seguimiento de menor intensidad, orientadas a consolidar los efectos de las acciones iniciales y evitar la recolonización de la caña. Asimismo, resulta prioritario continuar con la evaluación de nuevas metodologías y con el análisis de la temporalidad de las intervenciones, con el fin de mejorar la relación coste-beneficio y ampliar la capacidad operativa sobre grandes extensiones de terreno.

Abandonar prematuramente las intervenciones iniciadas puede comprometer los avances conseguidos, dado el elevado potencial de regeneración de *Arundo donax* en cortos periodos de inactividad. Por tanto, se destaca la importancia de la persistencia, la planificación a largo plazo y la optimización de recursos como pilares fundamentales de una estrategia efectiva de control.

Finalmente, la experiencia acumulada en el caso 1 constituye una base valiosa para la definición de futuras estrategias en escenarios similares, como el caso 2, cuya etapa inicial ofrece una oportunidad crítica para aplicar medidas tempranas y evitar el establecimiento consolidado de esta especie invasora.

7. Agradecimientos

Para poder experimentar y poner en práctica todas estas metodologías se ha trabajado en montes de utilidad pública gestionados por Servicio de Gestión Forestal del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya, y en cauces de dominio público hidráulico gestionados por la Agencia Catalana del Agua, todo ello a través de encargos a la empresa pública Forestal Catalana S.A., gracias a estos trabajos se conoce mucho más de cómo gestionar la caña, pero hay que seguir buscando métodos eficaces y económicamente viables.

8. Bibliografía

- (GRIFOLL TUSET, J.M.) (PASCUAL HORTAL, L.) BLP-0385/20 Millora d'hàbitats a les riberes del Segre
- (NAVARRO SOLÉ, B.) (PASCUAL HORTAL, L.) BLP-0441/22 Restauració forestal zones cremades ribera Segre (Seròs)
- (DELTORO TORRÓ, V) (JIMÉNEZ RUIZ, J.) (VILÁN FRAGUEIRO, XM) BASES PARA EL MANEJO Y CONTROL DE *Arundo donax L.* (Caña común) Conselleria d'infraestructures, Territori i Medi ambient. Generalitat Valenciana

