



INFORME FINAL

*“SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES
PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DE LA CAÑA
COMÚN (ARUNDO DONAX) EN LA REGIÓN DE
MURCIA”*

FIN/2012



INF-FIN/2012

Febrero 2012



Equipo de trabajo:

Francisco Robledano Aymerich (Investigador Principal)

Miguel Angel Esteve Selma (Coordinador)

Isabel Hernández García

Victor Manuel Zapata Pérez

Pablo Farinós Celdrán

Rubén Vives López

Julia Martínez Fernández

Jacinto Martínez Ródenas



Indice

0. RESUMEN EJECUTIVO	5
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Objetivos.....	15
2. CONTENIDO DEL INFORME	17
3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO	18
3.1 Definiciones	18
3.2 Recopilación y análisis de antecedentes	20
3.3 Definición de los tratamientos de control aplicados	23
3.3.1 Primera fase: desbroce	29
3.3.2 Segunda fase: retirada del rizoma	30
3.3.3 Tercera fase: reconstrucción del talud	30
3.3.4 Cuarta fase: revestimientos y plantaciones.....	31
3.3.5 Actuaciones de refuerzo.....	35
3.4 Metodología de seguimiento	35
3.4.1 Localización y caracterización biofísica general	35
3.4.2 Muestreo inicial de vegetación	36
3.4.3 Registro de variables ambientales	38
3.4.4 Información adicional a registrar	38
3.5 Cronograma de ejecución de los tratamientos.....	39
3.6 Diseño de las fichas de muestreo	40
3.6.1 Ficha general de caracterización	40
3.6.2 Ficha de muestreo de vegetación	45
3.6.3 Muestreo de vegetación	48
3.6.4 Muestreo y registro de datos ambientales	50
3.6.5 Análisis de laboratorio	52
3.6.6 Registro de otras incidencias	53
3.7 Calendario de seguimiento.....	54
3.8 Tratamiento y análisis estadístico de los datos.....	55
4. RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES	58
4.1 La caña común (<i>Arundo donax</i>) como especie problema: marco europeo y global.....	59
4.1.1 La especie objetivo.....	61
4.1.2 Impactos producidos por la caña común.....	66
4.2 Bibliografía y documentación científico-técnica específica referida a la ecología, problemática y control de la caña común	68
4.3 Datos de tratamientos previos de control del carrizo en la conservación y mantenimiento de cauces.....	73
4.3.1 Cuenca del Segura.....	73
4.3.2 Limpieza del canal de drenaje de las salinas de San Pedro.....	74
4.3.3 Limpieza de la Rambla del Albuñón	74
4.3.4 Actuación en la Rambla de Miranda	75
4.3.5 Otras actuaciones.....	75
4.3.6 Otras cuencas hidrográficas españolas	77
4.4 Recopilación de datos ambientales y geográficos de interés para la investigación	83
4.4.1 Conocimiento general del medio físico y la vegetación	84
4.4.2 Caracterización edáfica	85
5. RESULTADO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.....	87
5.1 Caracterización biofísica de las parcelas	87
5.2 Estado final de los tratamientos efectuados en cada una de las parcelas de estudio	88
5.3 Resultados del muestreo de vegetación	91
5.3.1 Respuesta inicial de la densidad de <i>Arundo donax</i> a los tratamientos aplicados	91
5.3.2 Respuesta a medio plazo de la densidad de <i>Arundo donax</i> a los tratamientos aplicados	95



5.3.3	Presencia de <i>Phragmites australis</i>	102
5.3.4	Variación de la cobertura de herbáceas acompañantes.....	107
5.3.5	Variación de la altura de la caña.....	110
5.3.6	Evolución general de las plantaciones.....	111
5.4	Resultados relativos a variables ambientales y otras a registrar.....	117
5.4.1	Insolación.....	117
5.4.2	Temperatura del aire.....	118
5.4.3	Humedad atmosférica.....	118
5.5	Variables de caracterización edáfica.....	118
5.5.1	Caracterización inicial.....	119
5.5.2	Caracterización final.....	120
5.5.3	Variación espacial.....	121
5.5.4	Variación temporal.....	122
5.5.5	Comparación con otros estudios de referencia.....	122
5.6	Datos adicionales e incidencias registradas.....	126
5.6.1	Enero 2012.....	126
5.6.2	Febrero 2012.....	126
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO.....	128
6.1	Análisis general de la eficacia de los tratamientos.....	128
6.1.1	Eficacia de tratamientos y cubrimientos, considerados independientemente, en la reducción de la densidad de caña respecto a las zonas control (margen izquierda).....	128
6.1.2	Efecto aditivo o sinérgico del revestimiento sobre el tipo de retirada (parcelas con tratamiento manual previo).....	131
6.1.3	Efecto aditivo o sinérgico del revestimiento sobre el tipo de retirada (parcelas con tratamiento manual previo).....	132
6.2	Influencia de las variables ambientales registradas.....	132
6.2.1	Insolación.....	132
6.2.2	Temperatura del aire.....	134
6.2.3	Humedad atmosférica.....	135
6.2.4	Variables de caracterización edáfica.....	136
6.3	Análisis comparativo de costes y eficacia.....	139
6.3.1	Coste unitario de los tratamientos aplicados en la zona de actuación.....	139
6.3.2	Coste unitario de los tratamientos aplicados en otras localidades.....	145
6.3.3	Comparación frente a tratamientos similares en localidades afines.....	150
6.3.4	Comparación con otras localidades y sistemas de tratamiento.....	152
7.	OTROS TRABAJOS REALIZADOS.....	156
7.1	Visitas y reuniones de trabajo.....	156
7.1.1	Visita a la zona de actuación (Abril 2011).....	156
7.1.2	Visita al proyecto paralelo desarrollado por la Universidad de Alicante (Junio 2011).....	156
7.1.3	Incidencias registradas durante el periodo estival (julio-septiembre 2011).....	157
7.1.4	Jornada de presentación de resultados (Octubre 2011).....	157
7.2	Evaluación de la respuesta de la avifauna riparia.....	158
7.2.1	Objetivos y diseño del muestreo.....	158
7.2.2	Variación espacial y temporal de las capturas e índices derivados.....	162
7.2.3	Influencia del estado y la gestión del área de seguimiento sobre la avifauna riparia.....	164
7.2.4	Evaluación general, perspectivas y propuestas.....	171
7.3	Propuestas adicionales: seguimiento de indicadores biológicos.....	173
7.3.1	Introducción.....	173
7.3.2	Objetivos.....	174
7.3.3	Selección de taxocenosis objetivo.....	175
7.3.4	Metodologías y planificación del muestreo para la caracterización y valoración de la biodiversidad en las zonas de actuación.....	176
7.3.5	Protocolo y calendario de seguimiento de los indicadores seleccionados.....	178
7.3.6	Presupuesto.....	180
7.4	Tratamientos complementarios recomendados.....	181
8.	SÍNTESIS FINAL. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	182



9.	REFERENCIAS.....	187
9.1	Bibliografía citada en el informe	187
9.2	Resultados de búsquedas	194
9.2.1	Base de datos ICYT	194
9.2.2	Bibliografía recopilada y web-referencias	198
10.	AGRADECIMIENTOS	215



0. RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los resultados del seguimiento de las actuaciones de control de *Arundo donax* Linnaeus, 1753 (Caña común) que integran el “**PROYECTO DE I+D+i PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE LOS MÁRGENES DEL RÍO SEGURA, T.M. CIEZA**”. Dicho proyecto se ha planteado como un diseño experimental encaminado a disponer de un número suficiente de réplicas de distintos métodos de control (combinaciones de tratamientos mecánicos y técnicas de eco-ingeniería), para establecer diferencias de eficacia, permitiendo la selección de la combinación óptima en términos de efectividad frente al coste de aplicación.

METODOLOGÍA:

Incluye una **recopilación de antecedentes documentales** sobre tipos de tratamientos, que contuvieran información sobre descriptores de eficacia, basada en tres tipos de fuentes: i) datos de tratamientos previos de control de la caña común en actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces o de restauración ambiental, realizados por la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS); ii) datos similares de otras cuencas hidrográficas del Estado o de otros países; iii) datos ambientales y geográficos de interés para la investigación, referidos con carácter general al Sureste de España y específicamente a la demarcación hidrográfica de Segura. Además se ha recopilado y analizado toda aquella bibliografía y documentación científico-técnica específica relativa al seguimiento de los efectos de la caña común sobre el funcionamiento de la red hidrográfica, su influencia sobre la ecología y biodiversidad de los sistemas fluviales y las características ambientales asociadas a los procesos de colonización y expansión.

Las **actuaciones de control** objeto del seguimiento se han ejecutado en parcelas replicadas de 20-30 metros lineales, en tres tramos consecutivos a lo largo de 1.800 m de la ribera del río Segura junto a Cieza (Murcia). Una vez ejecutadas dichas actuaciones (eliminación de *Arundo donax*, implantación de recubrimientos y la plantación de especies autóctonas de ribera), y comprobado el diseño, se ha desarrollado un programa de muestreo orientado a graduar la eficacia de los tratamientos aplicados y establecer los factores asociados con la misma.

Las fases o **tratamientos** (considerados en una aplicación secuencial) que comprende el proyecto de control, ejecutado entre enero y marzo de 2010, son: i) Desbroce de la vegetación invasora, que incluye el desbroce mecánico de cañas en todas las parcelas situadas en el margen derecho del río, seguida de la corta manual y el triturado de cañas. Otras parcelas fueron tratadas



deliberadamente sólo mediante desbroce manual desde el inicio de la actuación; ii) Retirada de rizomas, realizada de forma tanto mecanizada como manual, y posterior transporte a vertedero autorizado, seguida de un repaso manual y de la recogida de basuras, árboles secos, etc.; iii) reconstrucción del talud, consistente en el perfilado y la preparación de la ribera para las actuaciones posteriores; iv) revestimientos y plantaciones, que incluye la instalación de biorrollo no vegetado de esparto (sólo en la banda litoral inmediata al cauce, en todas las parcelas), la colocación de manta de esparto (con recubrimiento total o parcial, en este último caso dispuesto de forma paralela o alterna), y la repoblación con especies nativas (plantación lineal de *Salix sp.* tras la línea de biorrollos, y *Tamarix canariensis*, *Populus alba* y *Erianthus ravennae* en el resto del talud). Además, se realizaron actuaciones de refuerzo entre noviembre de 2010 y febrero de 2011, consistentes en la corta de los rebrotes de caña y la reposición de los ejemplares muertos de las especies plantadas, justificada por la necesidad de acceder a la banda litoral para terminar la instalación de biorrollos y la plantación de sauces (*Salix sp.*) pendientes.

El **cronograma de seguimiento** se estructura en dos etapas, a lo largo de 23 meses, que comprenden: un **seguimiento preliminar** (abril-septiembre de 2010, realizado mediante un contrato precedente), y un **seguimiento propiamente dicho** de 11 meses (marzo 2011-enero 2012). En ambos, el protocolo parte de la localización espacial de las parcelas y la toma de datos generales de caracterización en todas ellas, seguido por un reconocimiento mensual del estado de los tratamientos, un muestreo de vegetación (densidad y altura de la caña, cobertura de especies acompañantes), y el registro de diversas variables ambientales, y la toma de muestras para la caracterización edáfica en una selección de parcelas y localizaciones equivalentes de zonas no tratadas (margen opuesta), donde también se muestreó la densidad inicial de caña.

En los **análisis estadísticos** se ha utilizado como indicador de respuesta (variable dependiente), la densidad de caña en tallos/m². Dado que *Arundo donax*, una vez establecida, inhibe físicamente la germinación o establecimiento de otras especies, la reducción de su densidad supone una ventana para la eventual colonización de especies competidoras, que constituiría el segundo nivel de tratamiento para su gradual desplazamiento. Para evaluar la eficacia de los diferentes tratamientos combinados sobre la reducción de la densidad de caña en las parcelas estudiadas se han utilizado modelos de regresión discreta (modelos generalizados), analizando el efecto sobre la densidad de los diferentes tratamientos y revestimientos, en relación a la densidad de la margen opuesta no intervenida (sección control). El efecto del tiempo sobre la dinámica de crecimiento natural de la especie a lo largo de un ciclo anual parece enmascarar el efecto de los tratamientos y cubrimientos sobre la reducción de caña, por lo que para mantener aislada la influencia de este factor sobre la reducción/crecimiento de la caña, y poder detectar el efecto, independientemente del paso del tiempo, de los métodos aplicados, los análisis se han realizado sobre los datos registrados en momentos determinados del periodo de estudio (+6, 12,



18 y 23 meses desde los tratamientos iniciales). En todos los modelos se incluyó el factor “parcela” para integrar el efecto aleatorio de la variabilidad inherente a las diferentes parcelas.

RESULTADOS:

La **recopilación de antecedentes** revela que la presencia y expansión de *Arundo donax* altera la composición de las comunidades en las que se encuentra reduciendo la diversidad de la flora y fauna de los ambientes riparios, debido a sus altas tasas de producción de biomasa y rápido crecimiento. Además, es una especie competidora que reemplaza a las especies nativas, formando extensas masas que impiden su establecimiento. Su eliminación periódica, obligada por la necesidad de mantener la funcionalidad hidráulica y el acceso a las riberas, consume importantes recursos. Pese a que está reconocida a escala mundial como una de las plantas alóctonas más peligrosas y nocivas (forma parte de la lista de las 100 peores invasoras identificadas por el Grupo de Especialistas sobre Especies Invasoras), la percepción de su carácter invasor ha sido mucho más acusada en zonas de instalación más reciente como el SE de EEUU y N de México, que en zonas donde está históricamente asentada y es objeto de diversos usos (Cuenca Mediterránea). Los recursos documentales sobre *Arundo donax* son ingentes, tanto los relativos a su control (allí donde se presenta como especie invasora), como a su uso (donde se percibe como recurso aprovechable). Los nuevos usos de *Arundo* como biocombustible o proporcionando servicios ambientales (fitodepuración y fitorremediación) refuerzan esta percepción y la actividad de I+D asociada. Por todo ello, la investigación sobre su control como medida de mantenimiento de infraestructuras hidráulicas o restauración ambiental está menos extendida y documentada en la Península Ibérica, y quizá sea en las cuencas mediterráneas españolas precisamente donde menos lo ha sido (en comparación con otras áreas mundiales).

La recopilación de recursos a través de buscadores y bases de datos académicas da una idea del esfuerzo científico y técnico enfocado al estudio, aprovechamiento o control de la especie, con resultados de 357 artículos científicos, 6.541 páginas web, 165 patentes y 217 recursos de otro tipo (*Scopus*), o 244 referencias (indexadas en Biological Abstracts/Biosis Previews) sólo bajo el criterio del potencial de uso productivo. De una muestra de 311 recursos, obtenida a partir de la clave de búsqueda *Arundo+Mediterranean*, depurada conforme a los objetivos del presente estudio, algo menos de un 30% se refieren específicamente a la Cuenca Mediterránea y un 10% adicional al resto de áreas bajo clima mediterráneo, destacándose la relativa escasez de estudios relacionados con *Arundo donax* referidos a los impactos, control o restauración de ecosistemas fluviales españoles. El mayor porcentaje de recursos bibliográficos recopilados abordan de forma genérica el control de *Arundo* (> 36%), siendo relativamente numerosas (casi la mitad de ellas) las que describen o analizan experiencias de control mediante agentes biológicos.



El **muestreo de vegetación** refleja que, al final del **seguimiento inicial** la mayoría de tratamientos que con retirada del rizoma (mecánica o manual) muestran valores centrales de densidad inferiores al 50% de los de zonas no tratadas ($37,50 \pm 1,12$ tallos/m²), si bien apenas hay diferencias entre tratamientos salvo en las muestras con biorrollo, donde prácticamente no hay rebrote de caña. Los incrementos de densidad de caña entre abril y septiembre de 2010 muestran diferencias significativas entre tipos de retirada de rizoma (manual o mecánica < sin retirada).

Por su parte, el **seguimiento propiamente dicho**, se inicia con una situación en la que tras el tratamiento de refuerzo que supone la corta generalizada de la caña (13 meses después de la ejecución de las actuaciones de control), la mayoría de tratamientos exhiben una densidad muy baja. Las reducciones con respecto a la margen opuesta alcanzan en ese momento valores entre 81-88% (retirada mecánica), 78-86% (manual), y 71% (sin retirada). Cinco meses después (septiembre 2011) la eficacia ha caído a la mitad, con reducciones entre el 41-51% (mecánica), 37-44% (manual), y 31% (sin retirada). A los 23 meses, los valores inferiores de las horquillas para los dos primeros bloques (mecánico y manual) se sitúan muy cerca (o incluso claramente por debajo) del valor medio de las parcelas sin retirada, lo cual indicaría que el efecto de la retirada de rizoma ha sido transitorio, por una ejecución insuficiente, o una recolonización posterior a partir de propágulos llegados desde zonas no tratadas. A lo largo de estos 11 meses, las diferencias entre bloques de tratamientos dentro del mismo tipo de retirada son muy escasas.

En septiembre de 2011, al comparar el incremento de la densidad (con respecto al valor de abril precedente) entre tipos de retirada, no se detectan diferencias significativas. En cuanto al tipo de revestimiento, sólo dentro de la retirada mecánica se aprecia una mayor eficacia cuando incluye revestimiento con esparto (total o paralelo). No obstante, no se detectan diferencias significativas en ninguna de las comparaciones pareadas posibles. Finalmente, una comparación de la eficacia neta (reducción porcentual con respecto a la densidad de las parcelas no tratadas de la margen opuesta), para los tres factores implicados en el diseño (tipo de retirada, revestimiento y plantación), indica la ausencia de diferencias significativas entre patrones de revestimiento y plantaciones, que sí se dan entre tipos de retirada (extracción mecánica > manual, y ambas > sin retirada). La comparación global entre combinaciones de tratamientos (incluyendo el tipo de extracción y el patrón de revestimiento), revela la ausencia de diferencias significativas, resultante de la gradual confluencia en valores de eficacia reductora (ya en todos los casos < 50%).

La diferenciación de la presencia de **carrizo** *Phragmites australis* (a partir de septiembre de 2011), revela que esta especie contribuye a la densidad total de tallos hasta en el 100% en algunas muestras, lo que obliga a reevaluar la eficacia de los tratamientos en lo que se refiere específicamente al control de la caña común. Descontando la parte de dicha densidad que corresponde a la especie autóctona, los porcentajes de reducción de *Arundo* alcanzados son en realidad bastante superiores. Parece que *Phragmites* estaba competitivamente limitado por la



ocupación del espacio por parte de *Arundo*, cuya eliminación habría permitido expandirse a la primera especie. Aun considerando que, bajo las condiciones que se dan en estas riberas fuertemente perturbadas, el carrizo puede tener un comportamiento invasor, su presencia supone una cierta mejora, al incorporar una nueva formación vegetal (incrementando la diversidad de hábitats), que además sustenta una mayor biodiversidad.

La **cobertura de herbáceas acompañantes** muestra dos máximos, en primavera (mayo) y otoño (octubre-noviembre) en todos los bloques de tratamientos excepto en la parcela testigo. El máximo otoñal (15-20%) suele ser superior al primaveral. Con independencia del tratamiento aplicado, la dinámica de estas especies parece reflejar su propio patrón fenológico de desarrollo, sin que se detecte ninguna relación entre su cobertura y la densidad de caña.

En el muestreo de **caracterización edáfica** (inicial), las zonas tratadas tienen valores relativamente bajos de materia orgánica, y especialmente de N, lo que da lugar a relaciones C/N elevadas. Los valores de conductividad eléctrica son altos (5,09 dS/m \pm 0,58 SE), superando el umbral que caracteriza a los suelos salinos. Aparecen también valores relativamente altos de K y P. La textura es predominantemente franco-arenosa (61% de las parcelas) o franco-limosa (33,3%). En cuanto al contenido de humedad edáfica, muestra una clara variación espacial tanto en las muestras iniciales como en las finales, apareciendo diferencias significativas entre los tres tramos consecutivos en los que se ha dividido el área de actuación (tramo 1 > 2,3).

La comparación entre las muestras obtenidas en las parcelas tratadas y las muestras de contraste obtenidas en el cañaveral de la margen opuesta no revela diferencias significativas para ninguna característica excepto para la conductividad. Comparadas con datos edafológicos de referencia (Proyecto LUCDEME), las parcelas tratadas muestran valores comparativamente altos de K y P, e inferiores de N (*Arundo* puede beneficiarse de concentraciones antropogénicamente enriquecidas de N y K). Por lo demás puede afirmarse que las características generales del suelo aportado en la reconstrucción del talud no difieren sustancialmente de las de la llanura aluvial inmediata. Se considera a *Arundo donax* tolerante a la salinidad moderada, e incluso capaz de producir un alta biomasa bajo irrigación con aguas de salinidad > 9 dS cm⁻¹. También puede deprimir un contenido muy alto de humedad o disminuir valores altos de salinidad en su zona de enraizamiento, por lo que la propia presencia del cañaveral monoespecífico explicaría las diferencias observadas en la margen no tratada.

En cuanto a la **evolución de las plantaciones**, su mortalidad ha sido baja en el caso de la especie arbustiva (*Tamarix canariensis*), moderada para la especie herbácea (*Erianthus ravennae*), seleccionada por tener porte similar a la especie objeto de control, y bastante alta para la especie arbórea (*Populus alba*) cuya función era ejercer un efecto de sombreado. Comparando la altura media de cada especie en un mes dado con la **altura máxima de la caña**, sólo *Populus* sobrepasa siempre a la especie problema, y *Erianthus* en ningún momento, mientras que *Tamarix*



sólo lo hace en los dos primeros meses de la serie. La retirada manual parece limitar más el crecimiento de la caña (altura máxima entre 300-330 cm) que la mecánica (341,25-383,33 cm). En ambos casos la altura aumenta hasta agosto-septiembre y posteriormente se estabiliza (o fluctúa en torno a un valor estable), para confluir en los valores máximos al final del periodo estudiado.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

En cuanto al análisis de la **eficacia**, aún siendo la capacidad explicativa de los modelos de regresión muy baja, cuando se analiza independientemente el efecto del tipo de retirada de rizoma, los tratamientos mecánico y manual reducen significativamente la densidad de caña hasta los 18 meses tras la ejecución, pero no a los 23. El factor humano puede haber influido sobre la eficacia inicial del tratamiento manual frente al mecánico (su ejecución habría sido más heterogénea). La persistencia del efecto de ambos tratamientos se establece como mínimo en 2 años desde la intervención inicial. Se puede concluir que una intervención mecánica (más homogénea e intensa), reforzada a los doce meses con una actuación de repaso manual, sería lo más recomendable. Con respecto a los revestimientos, también se detectaron efectos negativos de las diferentes disposiciones de la manta de esparto sobre *Arundo*, reduciendo significativamente todas, la densidad de caña hasta los 18 meses.

De los posibles efectos aditivos o sinérgicos del revestimiento sobre el tipo de retirada, en los tratamientos manuales a los 12 meses se observan efectos significativos pero contrarios a lo esperado (positivos), que reflejarían la incapacidad de los revestimientos, no ya de potenciar, sino incluso de contrarrestar el efecto de subyacente de una insuficiente (o heterogénea) aplicación del tratamiento de retirada manual. Cuando se evalúa este efecto sobre los tratamientos mecánicos, a los 12 meses el revestimiento paralelo y total tendrían un efecto negativo que reforzaría la efectividad de la retirada previa. A partir de los 18 meses estos efectos se disipan.

En general, las **variables ambientales** estudiadas no cambian significativamente entre parcelas ni guardan relación con la especie problema, salvo la insolación (que disminuye significativamente con la densidad de tallos). En los ecosistemas de ribera, las especies invasoras como *Arundo* impiden que buena parte de la luz alcance el lecho, lo que estaría de acuerdo con esa relación. Conforme aumenta la densidad de tallos también disminuye la temperatura del aire, lo que ilustra un cierto efecto amortiguador del cañaveral.

El **análisis de costes y eficacia**, muestra que los costes anuales de las combinaciones de tratamientos varían entre 10,7 €/m² (sin retirada+Erianthus) y 24 €/m² (retirada manual+manta esparto total). En promedio, los tratamientos sin retirada+plantación cuestan aproximadamente la mitad que los de retirada mecánica+manta de esparto+plantación. El tiempo requerido para recuperar la inversión (incluyendo el mantenimiento durante 15 años), al precio actual de limpieza de cauces (anual), se situaría entre 110 y 127 años. Aunque parecen tiempos muy largos,



representan el peor de los escenarios (13 años adicionales de corta manual en el 100% de las parcelas), necesidades que parecen improbables dada la debilitación de la caña por las cortas reiteradas, la competencia creciente y el sombreado del arbolado establecido (tal como se ha observado en proyectos-modelo como la restauración del “Soto de la Hijuela” en el mismo río en Molina de Segura). Asumiendo que las necesidades de mantenimiento decrecen a razón de un 10% anual, la recuperación del coste se adelanta un 30%. En cualquier caso estos costes supondrían una inversión anual, por kilómetro de ribera restaurado (o por ha, dado que se refiere a una anchura media de 10 m), entre 45.000-48.000 € durante 15 años (90.000-96.000 € considerando ambas márgenes), o bien 30.000-37.000 € (asumiendo costes de mantenimiento decrecientes). Además, una parte importante de la caña ha sido sustituida por carrizo, que admitiría métodos de control menos intensivos (plantación de especies pratenses o helofíticas competidoras, pastoreo, etc.).

El enfoque que se adopta para comparar los costes unitarios con proyectos realizados en otras cuencas/ámbitos, es valorar la eficacia de los tratamientos en función de la reducción de la densidad de caña con respecto a la máxima esperable en ausencia de un control periódico de dicha biomasa. Cualquier reducción significativa al final de un ciclo de crecimiento implicaría un espacio libre consolidable mediante tratamientos adicionales, que además evitaría (o retrasaría) la nueva aplicación de sistemas de eliminación convencionales. El tiempo de retorno a la situación de partida (densidad igual o superior al valor control) sería una medida de la eficacia, de manera que el coste total dividido entre esta variable proporcionaría un valor comparable con el coste anual del tratamiento convencional. En el presente estudio se ha estimado que, dado que a los 23 meses de su aplicación los tratamientos mantienen una eficacia > 20%, podría atribírseles una persistencia de 3 años. Puesto que entre los antecedentes recopilados sobre proyectos de control de especies invasoras en otras cuencas hidrográficas (Ebro, Júcar, Duero y Segura), sólo unos pocos se refieren específicamente a la caña común como especie objetivo, en la comparación se incluyen todos los costes relativos indistintamente al control de poáceas invasoras.

Los tratamientos con herbicida son los más económicos (0,25 a 1,96 €/m², mayor si hay desbroce previo). Los tratamientos más eficaces ensayados en España, como la cubrición con geotextil, superan en coste (26-28 €/m²) a casi todos los recopilados, si bien el más caro es con mucho el tratamiento por inundación (>50 €/m²), tan efectivo como difícil de aplicar. De los tratamientos objeto del presente seguimiento, prácticamente todos resultan más costosos para una misma efectividad (11,2-20,8 €/año), que cualquiera de los aplicados en otras localidades de la Cuenca del Segura (máximo de 12,92 €/año para tratamientos frente a carrizo en el Reguerón). Aparentemente, su baja persistencia y elevado coste total los hace difícilmente competitivos con respecto al mantenimiento habitual. No obstante, si se aplicaran acciones regulares de repaso durante 15 años parece probable que se alcanzara una situación autosostenible sin apenas intervención (bosque de ribera estructuralmente complejo y funcionalmente viable). Aún así se



necesitarían entre 70 y 100 años para recuperar la inversión tomando como referencia los costes del mantenimiento cotidiano al uso, lo cual tampoco parece un tiempo excesivo si se consideran los tiempos de las restauraciones forestales clásicas, y las actuaciones de vigencia indefinida que representarían la alternativa continuista.

En comparación con otras localidades o ámbitos no ibéricos, los costes estimados (y los tiempos de mantenimiento requeridos) se asemejan bastante a los documentados para la erradicación de *Arundo donax* en otras cuencas hidrográficas bajo clima mediterráneo (California), y a otros publicados sobre el mismo ámbito, al menos en orden de magnitud. Estas estimas se sitúan entre 10.000-49.000 US\$/ha, o entre 10.000-70.000 €/ha, dependiendo del tipo de tratamiento y restauración posterior. Como tiempos de mantenimiento mínimo se estiman 15-19 años. En Sudáfrica, se estima que sólo en función del impacto evitado sobre los recursos hídricos, bastarían precisamente 17 años para recuperar el coste total invertido en la erradicación de especies riparias invasoras, tras lo cual los beneficios ecológicos, sociales y económicos de la restauración quedarían indefinidamente a disposición del público. Nótese que dicho rango temporal es muy similar al tiempo que se considera necesario para generar una situación ecológicamente sostenible, sin necesidades adicionales de mantenimiento intensivo (1-2 décadas). En nuestro caso el tiempo de recuperación de costes, estimado aquí groseramente, sería mucho más largo (del orden de decenas de décadas), cuando lo ideal sería que dichos periodos confluyeran. No obstante, la recuperación de los costes sería indudablemente mucho más rápida si se contabilizaran los beneficios ambientales derivados del control y restauración ambiental, pudiendo llegar a tener una relación coste/beneficio directamente favorable para la sociedad.

OTROS TRABAJOS REALIZADOS:

Se destaca la realización de una **evaluación de la respuesta de la avifauna riparia**, trabajo indispensable para cualquier monitorización posterior del éxito de la restauración, realizado gracias a la colaboración técnica altruista de anilladores expertos, que supone además una contribución basada en la ciencia ciudadana al estudio de la migración y conservación de la avifauna. En él se utiliza a la comunidad de aves de ribera como bioindicador, comparando mediante el trapeo con redes japonesas, tres zonas morfoestructuralmente diferentes de la margen derecha del río (incluyendo una zona control no tratada).

Se concluye que la presencia de cañaverales o carrizales es un factor clave para la comunidad de aves, como fuente de recursos, protección y lugar de nidificación o reposo. No obstante, hay grandes diferencias de valor biológico entre ambas formaciones, pese a su similitud fisionómica, siendo el carrizal notablemente más diverso tanto desde el punto de vista taxonómico como funcional. Por ello la aparición de carrizo en la zona de tratada en sustitución de



parte del cañaveral tiene una notable importancia biológica, especialmente en estados sucesionales tempranos que pueden tener un importante papel para la avifauna.

Con todo, la existencia de un estrato arbóreo que proporcione heterogeneidad vertical al hábitat incrementa su valor para la avifauna, reflejándose directamente en la diversidad, riqueza y abundancia de aves. También pueden darse máximos de actividad/uso cuando, con independencia de la complejidad estructural, aparecen puntualmente recursos de valor trófico (fructificación del carrizo), lo que apoya el mantenimiento de parte de esta formación. En las parcelas con plantaciones, se espera que la presencia de arbustos, junto a los ejemplares arbóreos remanentes o plantados incremente la complejidad estructural del ecosistema de ribera.

Se recomienda mantener este seguimiento de la avifauna riparia, sobre todo para determinar si los cambios observados en función del manejo tienen un carácter fugaz o representan algún grado de avance en la recuperación de comunidades con mayor riqueza biológica, así como ampliarlo -con los mismos objetivos y criterios-, a todo un gradiente de ecosistemas de ribera de diferente calidad ecológica.

SÍNTESIS FINAL: OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES:

La sustancial reducción inicial de la densidad obtenida en todos los tipos de tratamientos (eficacias superiores al 50% a los 6 meses) salvo en los que no incluyen retirada de rizoma, se mantiene transcurrido un año desde los tratamientos iniciales, e incluso aumenta al mediar una corta general de refuerzo (a los 13 meses se logran eficacias entre un 71-88%). Estos valores caen prácticamente a la mitad a los 18 meses y algo más al final del periodo de seguimiento (23 meses), pese a lo cual todavía se mantienen porcentajes de reducción entre el 23-40%. No obstante, puesto que en el segundo ciclo anual de seguimiento ya es posible discriminar la densidad de poáceas correspondiente a *Phragmites australis*, las estimas finales de eficacia para *Arundo* únicamente son mucho más altas (47-97%).

Aunque la restauración forestal de las áreas de control de *Arundo donax* está considerada como la etapa final que debe seguir inevitablemente a cualquier tipo de tratamiento mecánico o químico, la influencia de las plantaciones no puede evaluarse a corto plazo. En las actuaciones estudiadas, varios factores parecen haber contribuido a la baja influencia de las repoblaciones sobre la especie problema: la baja densidad de plantación y la posible inadaptación del material forestal (ecotipos no adecuados para las condiciones locales).

Con independencia de la reducción de densidad lograda, las zonas ganadas al anterior cañaveral monoespecífico estarían parcialmente ocupadas por árboles (*Populus alba*), arbustos (*Tamarix canariensis*) y gramíneas nativas (*Erianthus ravennae*, *Phragmites australis*), un escenario favorable para consolidar una formación riparia autóctona, mediante desbroces adicionales en torno a los ejemplares plantados, y nuevas plantaciones para incrementar su



densidad, cobertura y estratificación vertical. Una parte de estas actuaciones deberían ir encaminadas a mantener el carrizo en una extensión suficiente para conservar su fauna riparia asociada, pero no tan alta como para ser percibida como una nueva especie invasora en la zona.

En síntesis, parece que pese a la mayor eficacia que muestran a corto plazo los tratamientos químicos, el éxito a largo plazo frente a la monopolización de los cauces por *Arundo donax* sólo puede lograrse mediante una estrategia que combine:

- Tratamientos mecánicos iniciales, no necesariamente enérgicos (dependiendo de la situación de partida, podría prescindirse de la retirada del rizoma), combinados con plantaciones de especies autóctonas
- Actuaciones de repaso de intensidad decreciente (cortas adicionales, preferentemente manuales) durante un periodo no inferior a 15 años
- Mantenimiento de plantaciones y reposición de marras (durante un periodo equivalente)
- Aplicación de medidas complementarias de control del carrizo

En cuanto a **propuestas adicionales** de investigación aplicadas a dar continuidad a los resultados obtenidos, se consideran recomendables:

- Evaluación a más largo plazo y más amplia escala (meta-análisis) de las actuaciones de restauración que hayan incluido el control de *Arundo* en la Cuenca del Segura y otras demarcaciones hidrográficas del Mediterráneo
- Estudios económicos que cuantifiquen los beneficios ambientales derivados del control, como parte de un análisis coste-beneficio
- Estudios de base y seguimiento de indicadores faunísticos relacionados con la dinámica de los cañaverales y su respuesta al control/restauración.



1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Final se elabora en cumplimiento del Anexo I al **Contrato nº 190.822** para la realización “**SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DE LA CAÑA COMÚN (ARUNDO DONAX) EN LA REGIÓN DE MURCIA**” (en adelante, “el Contrato”). En él se desarrolla el contenido correspondiente a los once meses de trabajo, conforme a lo establecido en el apartado “**CALENDARIO DE TRABAJO. CRONOGRAMA Y ENTREGAS PARCIALES**”. El documento constituye una presentación final en lo que se refiere al desarrollo de los trabajos de seguimiento realizados, incluyendo el registro de datos y la toma de muestras en el campo¹.

El motivo de no disponer de dichos datos resulta evidente teniendo en cuenta que en el mes en curso, debían realizarse muestreos de campo y análisis instrumentales necesarios para poder interpretar algunas variables relativas al estado final de las parcelas objeto de seguimiento. En consecuencia, se presentan ahora los registros ya disponibles -que permiten completar series de datos precedentes-, aplazándose el cierre del informe hasta una fecha lo más cercana posible a la establecida en el calendario de facturación. Los trabajos de campo se han alargado hasta el último mes del contrato tal como constaba en él, pero también con la lógica de cubrir un periodo lo más largo posible sobre el que evaluar la eficacia de las actuaciones de control.

1.1 *Objetivos*

Como objetivos generales del contrato de seguimiento, se establecieron:

¹ En previsión de cualquier modificación o ampliación que pueda sufrir el presente documento o sus anexos a partir de su entrega, el contenido se mantendrá actualizado en la siguiente dirección de internet: https://webs.um.es/frobleda/miwiki/lib/exe/fetch.php?id=seguimiento_y_analisis_de_las_actuaciones_para_el_control_experimental_de_la_cana_comun_arundo_donax_en_la_region_de_murcia&cache=cache&media=informe_final_2012_cana_febrero_entregado_chs.pdf



- Evaluar la eficacia de distintas técnicas físicas -manuales o mecánicas- de eliminación de la biomasa aérea y subterránea (rizoma), en el control de *Arundo donax* en situaciones en las que aparece como invasoras de la ribera fluvial
- Analizar la eficacia de distintos tipos de recubrimientos orgánicos (mantas de fibras vegetales) aplicados en combinación con las técnicas anteriores, en el control del rebrote o reinstalación de la citada especie problema
- Evaluar la supervivencia y el desarrollo de plantaciones de especies forestales, arbustivas y herbáceas autóctonas realizadas sobre las actuaciones de control anteriores, con el doble objetivo de limitar la reinstalación de la especie problema, y de restaurar un ecosistema capaz de mantenerse en el tiempo
- Determinar las condiciones ambientales bajo las que se obtiene la máxima eficacia de control y restauración, mediante esta combinación de actuaciones
- Evaluar comparativamente la rentabilidad de estos sistemas de bio y ecoingeniería (Mitsch & Jørgensen, 2004), con respecto a técnicas y procedimientos convencionales de control



2. CONTENIDO DEL INFORME

Los aspectos incluidos en el presente informe son los siguientes:

- 1) Una descripción detallada de la **metodología** aplicada, incluyendo la tipología y diseño espacial de los **tratamientos** de control utilizados, como base para la presentación pormenorizada de los métodos **seguimiento** utilizados
- 2) Los resultados de la **recopilación y análisis de antecedentes** de interés para la investigación y el análisis del objeto del contrato
- 3) Los resultados de los **trabajos de campo** realizados hasta la fecha de cierre del informe, incluyendo:
 - a. Estado final general de los tratamientos efectuados en cada una de las parcelas de estudio, y análisis global de los mismos
 - b. Resultados del muestreo de vegetación (mensuales y acumulados)
 - c. Datos relativos a variables ambientales y otras a registrar
 - d. Datos adicionales e incidencias registradas
- 4) El **análisis y evaluación de la eficacia** relativa de los tratamientos y de los factores que la condicionan, en especial en relación con las variables ambientales registradas, y con el patrón espacial y temporal de ejecución de las actuaciones de control.
- 5) La enumeración y descripción de **otros trabajos** realizados durante el periodo de seguimiento (consultas, visitas, emisión de informes, elaboración de propuestas adicionales...).
- 6) Una **síntesis final**, las **conclusiones** y **recomendaciones** derivadas del desarrollo del contrato.



3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 *Definiciones*

Al objeto de asegurar un lenguaje común que permita unificar la redacción de todo el informe y garantizar su comprensión, se definen a continuación los principales términos utilizados sistemáticamente a lo largo del mismo para hacer referencia a las unidades espaciales de ejecución del proyecto, a los diferentes métodos de control, sus fases de aplicación, así como a los referentes a las tareas de seguimiento.

ZONA DE ACTUACIÓN: hace referencia al conjunto de tramos lineales consecutivos de la ribera del Río Segura en los que se han realizado actuaciones de control y su consecuente seguimiento.

TRAMO: se refiere a cada una de las secciones longitudinales en que las que se divide la zona de actuación dentro de la ribera del Río Segura. Cada tramo quedó dividido en parcelas en las que se aplicaron los diferentes tratamientos, siendo estos los mismos en los tres tramos al objeto de disponer de un mismo número de réplicas.

PARCELA: hace referencia las unidades espaciales en las que se dividen los tramos anteriormente definidos y en las que se aplicó un tratamiento uniforme en toda su superficie. La zona donde de actuación consta de 60 parcelas (20 en cada tramo). En el tramo 1 se incluye además la parcela denominada “Testigo”

(PARCELA) TESTIGO: Hace referencia a la única parcela de la margen derecha (código CZ01), perteneciente al tramo 1, en la que sólo se llevó a cabo la corta del carrizo sin aplicar (a diferencia del resto de parcelas replicadas) ningún tratamiento adicional.

(SECCIÓN) CONTROL: hace referencia a la sección de la margen izquierda del cauce en el que no se ha llevado a cabo ninguna actuación y por lo tanto se encuentra en su estado normal sin ninguna modificación durante el desarrollo del proyecto. Representa



la situación resultante de la gestión habitual de la ribera (o de la ausencia de la misma). Las muestras de densidad de caña obtenidas inicialmente en esta sección servirán para evaluar la eficacia de los tratamientos durante el seguimiento de las actuaciones ejecutadas en la margen opuesta.

(PUNTOS DE) REGISTRO DE DATOS AMBIENTALES: se definen como los lugares donde se ha realizado la toma de datos de variables ambientales (temperatura, humedad e insolación) de forma sistemática dentro de cada parcela de la zona de actuación. Estos puntos no coinciden con las unidades de muestreo, sirviendo para la caracterización global de la parcela y para la detección de gradientes ambientales internos.

(PUNTOS DE MUESTREO PARA) CARACTERIZACIÓN EDÁFICA: se refiere a los lugares en los que se extrajeron muestras de suelo para su posterior análisis y descripción de las condiciones del conjunto de parcelas seleccionadas (representativas de cada tipo de tratamiento). Estas mismas muestras se han obtenido de localizaciones equivalentes en la margen opuesta (sección control). De esta manera se dispone de datos de contraste que permiten caracterizar la situación previa a la intervención².

TRATAMIENTO: en general se refiere a cualquier método de control (mecánico, revestimiento físico, revegetación) aplicado de forma aislada o en combinación con otros. La secuencia de aplicación es siempre tratamiento mecánico+revestimiento y/o revegetación. Por extensión se hablará de “tipo de tratamiento”, o de forma más precisa “combinación de tratamientos” para referirse al conjunto de actuaciones de control que recibe cada parcela.

UNIDADES DE MUESTREO DE VEGETACIÓN: constituye la unidad básica de toma de datos biológicos dentro de cada parcela (cuadrado de 0,5 x 0,5 m en este caso), estableciéndose un número proporcional al tamaño de la misma, con carácter permanente y distribuidas de forma sistemática (ver subapartados siguientes).

² Tal como se indica más adelante, el inicio del seguimiento fue posterior a la ejecución de los tratamientos, por lo que las muestras obtenidas en el área de actuación no son, en sentido estricto, representativas del estado preoperacional, sino de una etapa temprana de evolución post-tratamiento.



BANDA LITORAL: constituye una zona de tratamiento homogéneo en cuya longitud alberga biorrollos de esparto y plantación de sauces (*Salix sp.*). Tan sólo pueden producirse algunas variaciones localizadas en aquellos puntos en los que afloran tramos de escollera (no aparentes hasta el inicio de la corta/eliminación del rizoma de la caña).

TALUD: corresponde a la segunda franja donde se realizan las actuaciones y el seguimiento posterior. En ella se establecen dos transectos paralelos a lo largo de los cuáles se sitúan de forma sistemática las unidades de muestreo. Estos transectos se denotan con las iniciales I (zona interior más cerca de la banda litoral) y E (zona exterior, más alejada de la banda litoral).

3.2 Recopilación y análisis de antecedentes

Con el objeto de cumplir con el punto 3.0 del Pliego que rige el contrato, se ha realizado la recopilación solicitada de antecedentes (publicados o no) sobre tipos de tratamientos, que contuvieran información sobre descriptores de eficacia, incluyendo tres tipos de fuentes principales:

- Datos de tratamientos previos de control del caña común en actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces o de restauración ambiental, realizados por la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS), con la descripción de: (a) técnicas empleadas; (b) rentabilidades físicas y materiales (superficies –lineal y áreas tratadas- volumen retirado/extendido y materiales y horas/peón) de cada tratamiento previo; (c) costes de ejecución por tratamiento y tiempos de ejecución, y (d) cadencias de ejecución –efectividad- y resultados de las limpiezas ejecutadas. Todos estos datos se han obtenido a partir de la información suministrada por la CHS; dado que los descriptores de eficacia enumerados no constaban en todos los documentos examinados, finalmente se ha reducido la comparación a aquéllos para los que existía información en todos ellos.
- Datos similares referidos a otras cuencas hidrográficas del Estado o de otros países en los que la especie sea objeto de seguimiento y control.



- Recopilación de datos ambientales y geográficos de interés para la investigación, referidos con carácter general al Sureste de España y específicamente a la demarcación hidrográfica de Segura.

Además de lo anterior se ha recopilado toda aquella bibliografía y documentación científico-técnica específica relativa al seguimiento de los efectos de la caña común sobre el funcionamiento de la red hidrográfica, su influencia sobre la ecología y biodiversidad de los sistemas fluviales y las características ambientales asociadas a los procesos de colonización y expansión.

Para todo ello, y además de explotar la información institucional, se realizará una búsqueda en bases de datos bibliográficas (ISI Web y similares) y un rastreo en buscadores académicos (ej. *Google Scholar*) utilizando palabras clave y cadenas específicas de búsqueda (por ejemplo, “*Arundo donax*” y “control”, o “regeneración”, etc., y sus equivalentes en inglés).

Se ha procurado acotar el ámbito espacial de la búsqueda, para evitar obtener un número inmanejable de recursos de escasa aplicación (circunscribiéndola al contexto biogeográfico mediterráneo). Para un ejemplo del uso de esta metodología ver Sitzia *et al.* (2010). Los recursos bibliográficos obtenidos se han almacenado en el gestor de bibliografía Endnote Web, que permite la generación de bibliografías temáticas mediante la exportación total o parcial de las carpetas en las que se almacenan las referencias.

La búsqueda y almacenamiento de antecedentes y referencias bibliográficos ha sido un proceso continuo a lo largo de todo el desarrollo del contrato, con lo que en informes intermedios se han venido presentando relaciones actualizadas de bibliografía, informes y documentos técnicos y otros recursos documentales relacionados con la investigación, adecuadamente referenciados.

Los resultados finales de la recopilación proporcionan una base documental para el futuro seguimiento e investigación de la ecología y manejo de esta especie en el tramo fluvial estudiado, y en el conjunto de la red hidrográfica de las cuencas mediterráneas semiáridas.



Consecuentemente, la recopilación de antecedentes documentales y bibliografía se ha estructurado en cuatro bloques:

- (1) Toda aquella bibliografía y documentación científico-técnica específica referida a la ecología del carrizo, a sus efectos sobre el funcionamiento de la red hidrográfica y a las opciones más eficaces para su control.
- (2) Documentación de proyectos que incluyen tratamientos previos de control de carrizo o caña común³, ejecutados en el marco de las actuaciones de conservación y mantenimiento de cauces de la CHS.
- (3) Datos similares referidos a otras cuencas hidrográficas del Estado o de otras áreas geográficas en los que la especie sea objeto de seguimiento y control.
- (4) Datos ambientales y geográficos de interés para la investigación, referidos con carácter general al Sureste de España y específicamente a la red hidrográfica de Segura

Los antecedentes que configuran los bloques (2) y (3) han sido presentados en los sucesivos informes trimestrales, y la información referente al punto (4) consta en su mayor parte en el Informe Inicial del presente contrato.

Para el primer bloque de documentos (1), que se actualiza en el presente informe, se han utilizado fundamentalmente dos metodologías:

- búsqueda directa en bases de datos bibliográficas (ICYT, Web of Knowledge), plataformas de editoras científicas (SciVerse, Springerlink, Wiley Online) o mediante alertas de las tablas de contenidos de revistas científicas relevantes, y exportación directa al gestor de bibliografía ENDNOTE.
- rastreo en buscadores académicos generales (Google Académico) utilizando las palabras clave antes citadas.

³ La recopilación de este tipo de antecedentes se está realizando, en principio, de forma conjunta para estas dos especies problema, de cara a su posterior inclusión en este proyecto y en el que se ha desarrollado de forma simultánea en el Canal del Reguerón.

3.3 Definición de los tratamientos de control aplicados

Las actuaciones de control que finalmente han sido objeto de seguimiento y evaluación, integran el “PROYECTO DE I+D+i DE SEGUIMIENTO Y ANALISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DE LA CAÑA COMUN (ARUNDO DONAX) EN LA REGION DE MURCIA”. Se plantean como un diseño experimental encaminado a disponer de un número suficiente de réplicas de distintas combinaciones de tratamientos de control (mecánicos, físicos y biológicos), para establecer (y comprobar estadísticamente) las diferencias de eficacia, facilitando la elección de la combinación óptima en términos de efectividad frente al coste de aplicación.

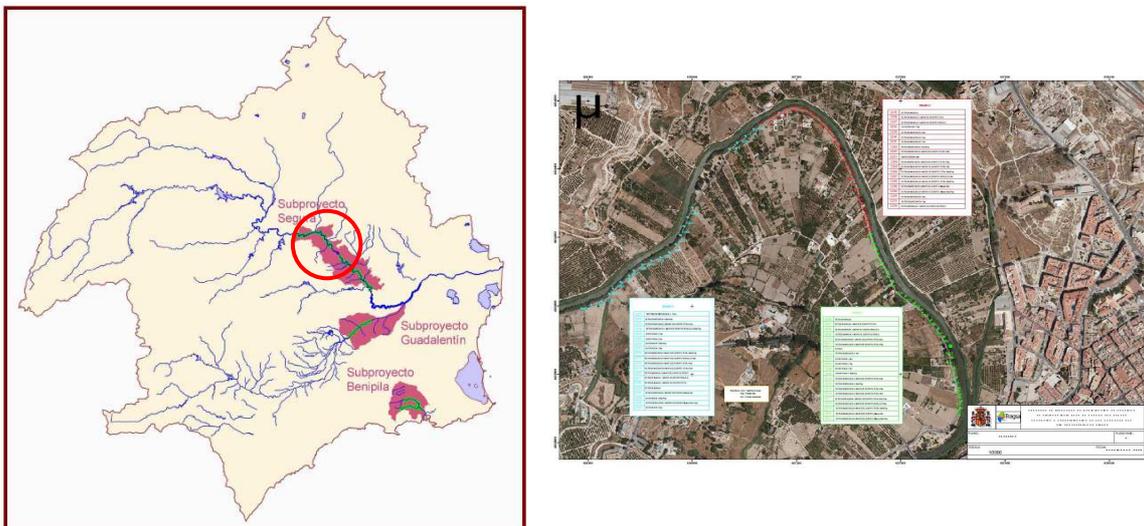


Figura 1. Localización de la zona de actuación en la cuenca hidrográfica del Segura y vista general del sector fluvial en el que se sitúan los tramos objeto de seguimiento. En el mapa general, el Proyecto de I+D+i se ha situado en el marco de las tres grandes áreas de restauración diagnósticadas en la cuenca (Esteve & Robledano, 2009).

El proyecto se ha desarrollado en parcelas replicadas de 20-30 metros lineales distribuidas en tres tramos consecutivos a lo largo de 1.800 m de ribera, cuyo estado inicial se muestra en la figura 1. Una vez ejecutadas las actuaciones (eliminación de la especie problema, implantación de recubrimientos y la plantación de especies que prevengan su reinstalación), y comprobado el diseño, el siguiente paso fue acoplar al mismo un programa de muestreo que permitiera graduar la eficacia de los tratamientos aplicados y establecer los factores asociados con la misma. En la tabla 1 (a-c) se indica la combinación de tratamientos aplicados en cada parcela, organizadas por tramos, cuya situación aparece reflejada en el mapa correspondiente (Figura 4). La situación inicial de

la zona de actuación se muestra en las Figuras 2 y 3. En los apartados 3.3.1 a 3.3.5 se exponen las fases o tratamientos (considerados en una aplicación secuencial) que comprende el proyecto de control, ejecutado entre enero y marzo de 2010.



Figura 2. Situación inicial. Fuente: TRAGSA.



Figura 3. Situación inicial. Fuente: TRAGSA.

TRAMO 1

CZ06	RETIRADA MANUAL
CZ07	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-TOTAL
CZ08	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-PARALELO
CZ09	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-ALTERNOS
CZ10	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria
CZ11	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Pop
CZ01	TESTIGO
CZ12	RETIRADA MECANICA + Tam
CZ02	SIN RETIRADA + Eria
CZ03	SIN RETIRADA + Pop
CZ04	SIN RETIRADA + Tam
CZ05	SIN RETIRADA + Eria+Pop
CZ14	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria
CZ13	RETIRADA MECANICA + Eria+Pop
CZ15	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Pop
CZ16	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Tam
CZ17	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria+Pop
CZ18	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-PARALELO+Tam
CZ19	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria+Pop
CZ20	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alternos+Tam
CZ21	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alternos+Eria+Pop

Tabla 1a. Metodología de control aplicada en cada parcela dentro del Tramo 1 de la actuación (ver Figura 4).

TRAMO 2

CZ35	RETIRADA MANUAL
CZ36	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-TOTAL
CZ37	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-PARALELO
CZ32	SIN RETIRADA + Pop
CZ39	RETIRADA MECANICA + Eria
CZ40	RETIRADA MECANICA + Pop
CZ41	RETIRADA MECANICA + Tam
CZ42	RETIRADA MECANICA + Eria+Pop
CZ43	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria
CZ31	SIN RETIRADA + Eria
CZ44	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Pop
CZ45	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Tam
CZ46	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria+Pop
CZ47	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-PARALELO+Tam
CZ48	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria+Pop
CZ49	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alternos+Tam
CZ50	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alternos+Eria+Pop
CZ69	RETIRADA MECANICA + Eria
CZ70	RETIRADA MECANICA + Pop
CZ38	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-ALTERNOS

Tabla 1b. Metodología de control aplicada en cada parcela dentro del Tramo 2 de la actuación (ver Figura 4).

TRAMO 3



CZ71	RETIRADA MECANICA + Tam
CZ72	RETIRADA MECANICA + Eria+Pop
CZ73	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria
CZ78	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-PARALELO+Eria+Pop
CZ62	SINRETIRADA + Pop
CZ63	SINRETIRADA + Tam
CZ64	SINRETIRADA + Eria+Pop
CZ61	SINRETIRADA + Eria
CZ76	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Eria+Pop
CZ77	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-PARALELO+Tam
CZ74	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Pop
CZ75	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-TOTAL+Tam
CZ68	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPART-ALTERNOS
CZ67	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPART-PARALELO
CZ66	RETIRADA MANUAL + MANTA DE ESPARTO-TOTAL
CZ65	RETIRADA MANUAL
CZ79	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alterno+Tam
CZ34	SINRETIRADA + Eria+Pop
CZ80	RETIRADA MECANICA + MANTA DE ESPARTO-Alterno+Eria+Pop
CZ33	SINRETIRADA + Tam

Tabla 1c. Metodología de control aplicada en cada parcela dentro del Tramo 3 de la actuación (ver Figura 4).

3.3.1 Primera fase: desbroce

En la primera fase: “**Desbroce de la vegetación invasora**”, se procedió a la corta y triturado de cañas en todas las parcelas situadas en el margen derecho del tramo de actuación, mediante desbrozadora de cadenas acopladas a brazo de giratoria de cadenas 150 CV (Figura 5). La variabilidad del ancho de las parcelas (desde 3,5 m hasta 12 m.) obligó a utilizar varios tipos de maquinaria, por lo que los costes indirectos que se establecen son elevados debido a que el paso continuo de vehículos entorpecía el cambio de maquinaria.



Figura 5. Desbroce mecanizado. Fuente: TRAGSA.

En segundo lugar y dentro de esta misma fase, se procedió a la corta y triturado de cañas de forma manual. Esto se realizó con motodesbrozadora para las cañas en ribera con diámetro basal mayor de 3 cm y menor o igual a 6 cm en una superficie cubierta de matorral mayor del 80% y para las parcelas con pendiente superior al 50%. La imposibilidad de mecanizar todas las parcelas debido a la presencia de ejemplares de especies protegidas obligó a la corta manual en el 20 % de la superficie de las parcelas. Otras parcelas fueron tratadas deliberadamente mediante desbroce manual (Figura 6).



Figura 6. Desbroce manual. Fuente: TRAGSA.

3.3.2 Segunda fase: retirada del rizoma

En la segunda fase: “**Retirada de rizomas**”, se procedió a la retirada de rizomas tanto de forma mecanizada (Figura 7) como manual (Figura 8) y su posterior transporte a un vertedero autorizado. La ejecución consiste en la retirada mecánica de 40 cm de rizoma y el correspondiente transporte a vertedero. La excavación mecánica de taludes se realiza con una giratoria de ruedas. Tras la aplicación de esta retirada mecánica se realizó un repaso manual (25 % de la superficie) y con el correspondiente transporte a vertedero autorizado. Posteriormente a la eliminación de la caña, se llevaron a cabo las labores de recogida de basuras, árboles secos, etc., dejando los residuos en un lugar accesible para su saca posterior.

3.3.3 Tercera fase: reconstrucción del talud

La tercera fase: “**Reconstrucción de talud**” consistió en el perfilado y la preparación del talud para las posteriores plantaciones. El perfilado se realizó con cazo

de monda y la preparación del talud consistió en la carga, transporte y extendido de 25 cm de tierra vegetal recogida a una distancia de 25 Km (Figura 9).



Figura 7. Retirada mecanizada del rizoma. Fuente: TRAGSA.



Figura 8. Retirada manual del rizoma. Fuente: TRAGSA.

3.3.4 Cuarta fase: revestimientos y plantaciones

Finalmente, la fase cuatro “Instalación de biorrollo, manta de esparto y plantaciones” se ejecutó de la siguiente manera:

En primer lugar, se colocó el de biorrollo no vegetado de longitudes de 1-3 m y diámetro de 30 cm. La ejecución consiste en la instalación de un sistema de protección frente a la erosión anclado al talud mediante estacas de madera tratada de 1,5 m de longitud previa excavación y encaje en el terreno (Figura 10).



Figura 9. Reconstrucción del talud. Fuente: TRAGSA.



Figura 10. Colocación de biorrollo y plantación de sauces (*Salix sp.*). Fuente: TRAGSA.

A continuación se procedió a la plantación lineal de *Salix sp.* tras la línea de biorrollos, consistente en la apertura de hoyo de dimensiones 60 x 60 x 60 cm, plantación, tapado y tutorado de las plantas para sostenimiento.

En cuanto a la instalación de la manta de esparto (Figura 11), se tuvieron en cuenta los distintos tipos de cubrimiento en cada una de las parcelas: total (cubriendo la totalidad de la superficie de la parcela) paralelo (alternancia de superficie sin cubrir y superficie cubierta) y alterno (colocación de la manta de forma alterna). Esta instalación consta de una manta de esparto de densidad 450 gr/m^2 , fijado con grapas de acero corrugado B-400 S en forma de U de 60 cm de longitud.



Figura 11. Colocación de manta orgánica de esparto. Fuente: TRAGSA.

Por último se llevaron a cabo las plantaciones de especies autóctonas en las parcelas para ello. Se realizó la plantación de *Tamarix canariensis* en terrenos preparados con hoyos de $60 \times 60 \times 60 \text{ cm}$, incluido el tapado del hoyo (Figura 12). La densidad de plantación fue de $30 \text{ uds}/300 \text{ m}^2$ y para su mantenimiento inicial se realizaron tres riegos de socorro de los individuos en su primer verano.

En cuanto a la plantación de *Populus alba* (Figura 13), se realizó en parcelas de tipo variable con la longitud del talud hasta el río, mediante la realización de apertura, plantación y tapado de hoyos $60 \times 60 \times 60 \text{ cm}$ y con la puesta en marcha de tres riegos de socorro de los individuos en su primer verano. La densidad de plantación fue de $30 \text{ uds}/300 \text{ m}^2$.



Figura 12. Colocación de manta de esparto y plantación de *Tamarix canariensis*. Fuente: TRAGSA.



Figura 13. Plantación de *Populus alba*. Fuente: TRAGSA.

Por último, la plantación de *Erianthus ravennae* se realizó en parcelas tipo variable con la longitud del talud hasta el río mediante la realización de un hoyo de 40 x 40 x 40, distribución de planta, plantación y tapado de hoyo. La densidad de plantación es de 30 uds/300 m² y también se realizaron tres riegos de socorro de los individuos en su primer verano.



3.3.5 Actuaciones de refuerzo

Esta intervención, realizada entre noviembre de 2010 y febrero de 2011, consistió en la corta de los rebrotes de caña y la reposición de los ejemplares muertos de las especies plantadas. Vino justificada por la necesidad de acceder a la banda litoral para terminar la instalación de biorrollos y la plantación de sauces (*Salix sp.*) pendientes de situar en determinadas parcelas. Esta parte de los tratamientos no había podido ser ejecutada hasta ese momento por el nivel anormalmente alto del agua en el cauce, motivado por un caudal inusual (a su vez relacionado con un año hidrológico excepcionalmente lluvioso). A la hora de completarlos, se realizaron cortas parciales de los rebrotes de caña, lo cual podría haber alterado el desarrollo del seguimiento. Por tal motivo, el equipo investigador recomendó realizar una corta homogénea en toda el área de actuación, recomendación que fue asumida por la dirección técnica. Una vez ejecutada, se dispuso de unas condiciones que seguían permitiendo evaluar la eficacia de cada uno de los tratamientos iniciales, a igualdad de otros factores (al menos en aquéllos sobre los que se tenía control).

3.4 Metodología de seguimiento

3.4.1 Localización y caracterización biofísica general

El primer paso fue el registro *in situ* de las coordenadas UTM inicio y UTM fin de cada parcela para su adecuada localización. Seguidamente se realizó el primer muestreo para la caracterización de las parcelas, mediante el cual se obtuvieron los datos descriptivos básicos (topografía, perfil transversal de la ribera, situación hidráulica...). Para almacenarlos se ha diseñado una **Ficha general de caracterización** que fue verificada posteriormente en cada visita. En esta ficha general constaba también la combinación particular de revestimientos (biorrollo y en su caso, recubrimiento con manta orgánica de esparto), su disposición espacial (continua o alterna), y las especies plantadas. En las sucesivas visitas a la parcelas se consignó cualquier alteración o modificación detectada en las condiciones de estos elementos.



3.4.2 Muestreo inicial de vegetación

Para observar la eficacia de cada combinación de tratamientos mecánicos, revestimientos orgánicos y plantaciones, una vez puesta a punto la metodología de seguimiento y la correspondiente ficha de caracterización, se realizó un primer muestreo de campo, cubriendo toda el área de estudio, con la finalidad de:

- cuantificar la densidad de *Arundo donax* en fechas posteriores -lo más próximas posible- a la intervención⁴, bajo las diferentes combinaciones de tratamientos, así como en parcelas no tratadas (control)
- obtener datos de base para el seguimiento de las plantaciones y la dinámica de recolonización vegetal (sucesión secundaria).

Para la realización de este muestreo se diseñó un segundo modelo de ficha, la **Ficha de muestreo de vegetación**. El muestreo de vegetación se realizó conforme al siguiente protocolo:

Para todas las parcelas de estudio, las unidades de muestreo fueron cuadrados de superficie de 0,25 m² (50 x 50 cm), en los que se registraron las siguientes variables:

- **Nº de tallos de *Arundo donax*** (para el cálculo de la densidad en tallos/m²) mediante conteo directo (Boland, 2006).
- **Nº de individuos de especies acompañantes** presentes dentro de la unidad de forma natural (conteo directo), con objeto de obtener su densidad y evaluar la colonización espontánea a partir de fuentes externas (Holl & Crone, 2004), o la recuperación por autosucesión a partir de ejemplares ya existentes en la zona (capaces de rebrotar). Como alternativa, en el caso de especies anuales de difícil identificación, se estima la **cobertura de herbáceas** (en %).

⁴ Los tratamientos de control y las plantaciones quedaron finalizados en su mayoría en marzo de 2010, salvo en la banda litoral de aquellas parcelas en las que el alto nivel del agua en el cauce lo impedía. El muestreo de vegetación se inició en abril de ese mismo año, prolongándose bajo estas mismas condiciones hasta septiembre.



- En el caso de que dentro de la unidad de muestreo apareciera un **ejemplar repoblado**, se determinó la supervivencia y crecimiento en altura (Golet *et al.*, 2003), realizando además observaciones cualitativas acerca de su condición general, estado sanitario, fenofases (floración, fructificación...)

A efectos de la revegetación, cada parcela fue dividida en las franjas necesarias acordes a la ejecución realizada, por ejemplo una banda litoral (zona de biorrollo) y resto del talud ribereño.

En la primera franja (**banda litoral**) de las **parcelas de 30 m** las unidades de muestreo se ubicaron de forma sistemática, la primera a 5 m del inicio de la parcela y las restantes con 5 m de separación entre sus puntos de inicio (4 unidades en total).

En la **banda litoral** de las **parcelas de 20 m**, la primera unidad de la serie longitudinal quedó establecida a 2,5 m del inicio de la parcela, separándose igualmente entre sí 5 m (3 unidades de muestreo en total).

La banda litoral constituye, en cualquier caso, una zona de tratamiento homogéneo (que en toda su longitud alberga biorrollos de esparto y plantación de sauces) lo que proporciona un sobrado número de repeticiones. Tan sólo pueden haberse producido algunas variaciones localizadas en aquéllos puntos en los que afloran tramos de escollera no detectados en la planificación inicial. Estas variaciones se han registrado como factor adicional a considerar en el análisis e interpretación de los resultados.

En la **segunda franja (talud)**, se establecieron dos transectos paralelos, a lo largo de los cuales se situaron de forma sistemática las unidades de muestreo.

En las **parcelas de 30 m** la primera unidad de cada transecto quedó situada a 5 m del inicio de la parcela, con una separación entre unidades de 4 m. La separación entre los dos transectos paralelos fue de 1 m (considerando una anchura media de banda de 3m). El número total de unidades de muestreo en la segunda franja fue de 10, en dos líneas paralelas (5 x 2 transectos).



Para las **parcelas de 20 m**, la primera unidad de cada transecto se situó a 2,5 m del inicio. La separación entre unidades del mismo transecto fue de 3,5 m, y se procuró mantener 1 m de separación entre los dos transectos paralelos. En el caso de no poder mantenerla (en tramos de ribera de menor anchura), ésta se ajustó de manera que pudieran ubicarse las mismas unidades de muestreo dispuestas paralelamente.

3.4.3 Registro de variables ambientales

En las visitas para el muestreo de vegetación, en cada una de las parcelas de seguimiento se toman datos de:

- **Temperatura ambiente, humedad relativa e insolación**
- En las unidades de muestreo donde se hubieran realizado plantaciones o estuvieran situadas bajo la influencia de algún pie arbóreo remanente, se obtuvo una medida del **porcentaje de pleno sol** bajo el radio de sombra del pie replantado y otra fuera del radio de acción de la especie vegetal para registrar el cambio en las condiciones de insolación provocado por la repoblación.

3.4.4 Información adicional a registrar

Además de los datos relativos al estado físico de la parcela y de los materiales de revestimiento o estabilización implantados, y de los datos de vegetación (reflejados en las fichas correspondientes), en el apartado de “Observaciones” se ha procurado registrar toda la información biológica y de uso/gestión de las parcelas o de las áreas colindantes, a la que pudiera atribuirse un valor indicador con respecto al proceso de recuperación, o que pudiera condicionarlo. Por ejemplo:

- Datos de presencia (o índices de actividad, como excrementos, huellas, nidos...) de fauna indicadora de calidad del medio ripario, interés de conservación o valor funcional (dispersores, polinizadores...)
- Vertidos sólidos o líquidos que puedan afectar a la zona de ribera

- Actividades agrícolas o de otro tipo en la zona inmediata a la ribera
- Uso de la zona de ribera por el público (incluyendo sugerencias o peticiones sobre la misma, opiniones percibidas...)

3.5 Cronograma de ejecución de los tratamientos

En el cuadro siguiente se detalla el cronograma de las actuaciones de control del carrizo sobre las que se realiza el seguimiento. Estas actuaciones integran el ya citado “PROYECTO DE I+D+i PARA LA OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE LOS MÁRGENES DEL RÍO SEGURA, T.M. CIEZA”.

El cronograma tiene como finalidad clarificar el desarrollo temporal de dichas actuaciones, ayudando a determinar los momentos apropiados para realizar las evaluaciones parciales (intermedias) de eficacia y para analizar la influencia de las variables ambientales sobre las mismas.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	1→		▶ 1						2→			
2011	▶ 2											

- 1 **Ejecución de los tratamientos iniciales en todo el área de actuación (con excepción de las partes de las parcelas inundadas por el nivel del río)**
- 2 **Finalización de los tratamientos iniciales, nueva corta de la parte aérea para homogeneizar la actuación, reposición de marras de las especies plantadas**

Las intervenciones de refuerzo (ver apartado 3.3.5) realizadas entre noviembre de 2010 y febrero de 2011 vinieron justificadas por la necesidad de acceder a la banda litoral en determinadas parcelas, para terminar la instalación de biorrollos y la plantación de ejemplares de sauce (*Salix sp.*) pendientes, tratamientos que no habían podido ser

ejecutados por el nivel anormalmente alto del agua en el cauce, motivado por un caudal inusual. Dado que con ese motivo se realizaron cortas parciales de los rebrotes de caña, se acordó realizar una corta homogénea en toda el área de actuación. De esta manera se asume que en febrero de 2011 el área había recibido un tratamiento de refuerzo homogéneo que incluía:

- Corta de los rebrotes de caña
- Reposición de marras de las especies arbóreas plantadas

El siguiente esquema (figura 14) resume a modo de ficha técnica la secuencia de aplicación de los tratamientos (por tipo) y el número de parcelas en las que fueron ejecutados.

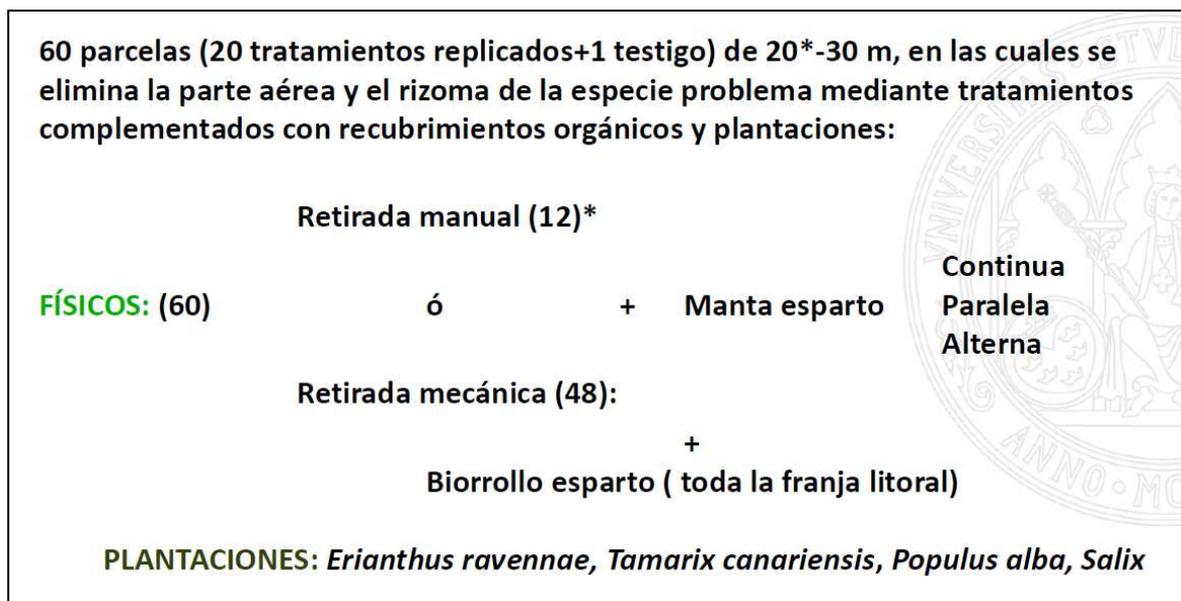


Figura 14. Cuadro resumen de la secuencia de aplicación de los tratamientos y del número de parcelas en los que han sido ejecutados.

3.6 Diseño de las fichas de muestreo

3.6.1 Ficha general de caracterización

Consta de los siguientes bloques de información:



1. **Datos de localización:** Se anota el nombre de la parcela y las coordenadas UTM del inicio y el fin de la misma.
2. **Comprobación del diseño:** Se contrastan las actuaciones teóricas que se deben llevar a cabo en cada parcela, con las actuaciones ejecutadas (debido a los condicionantes no previstos encontrados).
3. **Estado general:** Se observa el estado de las actuaciones de forma que se asegure que tanto los revestimientos como el tratamiento general de cada una, así como las plantaciones, se encuentren en buenas condiciones.
4. **Extensión y topografía:** Se comprueba la extensión real de cada parcela y se caracteriza la topografía de la misma. A este respecto, se mide la anchura media, máxima y mínima que tiene la ribera en cada parcela y se anota la presencia de escolleras y el porcentaje de superficie de la parcela que ocupan.
5. **Nivel del agua y fuerza de la corriente:** Las opciones que se contemplan en cuanto al nivel de agua son:
 - ALTO: Sumerge el biorrollo
 - MEDIO: Alcanza el biorrollo
 - BAJO: Biorrollo en seco

En cuanto a la fuerza de la corriente, las opciones son las siguientes:

- MUY DEBIL
 - DEBIL
 - FUERTE
6. **Presencia de vegetación anterior:** Se identifican las especies presentes de en la parcela (en particular árboles o arbustos de ribera respetados por la actuación, u otras especies espontáneas), registrando el número de especímenes y su localización en la parcela, así como cualquier otra observación relativa a ellas.

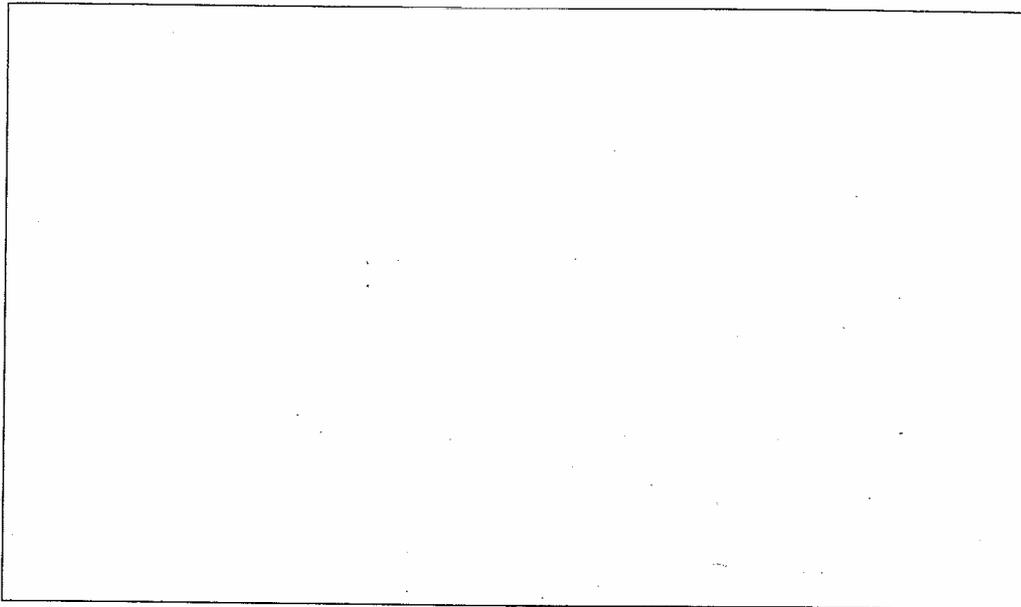


7. **Características de las especies plantadas:** Datos de identificación, dimensiones principales y estado inicial de las plantaciones que contiene cada parcela
8. **Observaciones:** Este campo se mantiene para la documentación de cualquier otro dato de interés (impactos, actuaciones puntuales...).
9. **Fotos:** Espacio reservado para anotar las imágenes tomadas, en su caso.

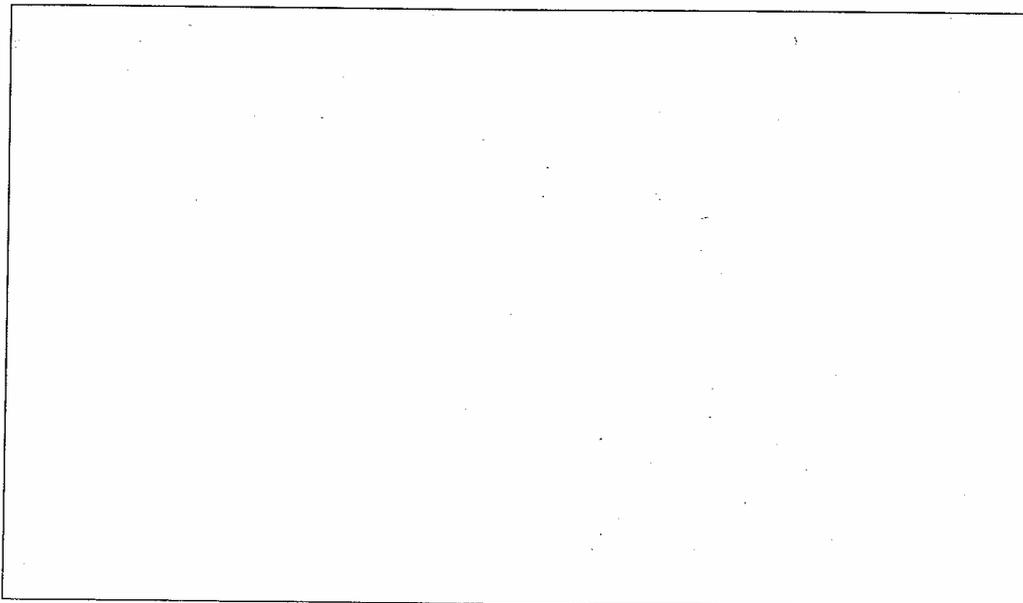
La FICHA GENERAL DE CARACTERIZACIÓN completa se presenta a continuación. Las fichas cumplimentadas tras el reconocimiento inicial de las parcelas se incluyeron como Anexo al Informe Inicial (Febrero 2011).



OBSERVACIONES GENERALES:



FOTOS:





3.6.2 Ficha de muestreo de vegetación

Una vez caracterizada cada una de las parcelas de actuación se puso en marcha el muestreo periódico dirigido a establecer la densidad y desarrollo de *Arundo donax*. Para ello se diseñó la siguiente ficha en la que se documentan los datos estructurados en 4 bloques:

1. **Localización de la parcela:** Se anota el código de la parcela, se revisan las coordenadas de inicio y de fin de la parcela, y se registra la fecha del muestreo.
2. **Datos ambientales:** Se anotan los valores registrados *in situ* o las referencias a las muestras tomadas para su determinación en el laboratorio.
3. **Datos de tratamiento:** Se verifica que los tratamientos realizados sean los que se propusieron y se comprueba el estado general de los mismos.
4. **Unidades de muestreo:** Siguiendo la metodología explicada, se anotan los datos obtenidos durante el muestreo:
 - **Código:** Se establece un código para cada unidad de muestreo. En dicho código aparecerá reflejado la zona de actuación (RG), el número de la parcela a la que pertenece la unidad, su ubicación en la ribera y el número de unidad con respecto a todas las que se ubican en la parcela.
 - **Ubicación:** Se refiere a si la unidad de muestreo se ubica en la línea interior de unidades de muestreo (más cercana al canal) o en la línea exterior de unidades (más alejada del canal). I: Interior; E: Exterior.
 - **Especie eliminada:** En este caso la especie problema, *Arundo donax*.
 - **Nº Tallos:** Se registra el número de tallos de la especie problema, que aparecen dentro de la unidad de muestreo.



- **Otras especies:** Aquí se anota la presencia de otras especies leñosas que por regeneración natural, aparecen dentro de la unidad de muestreo, o de especies herbáceas de forma genérica.
 - **Nº Individuos:** Se cuenta el número de ejemplares de esas especies leñosas o el porcentaje de cobertura ocupada por la vegetación herbácea con respecto a la unidad de muestreo.
5. **Plantaciones:** Este campo supervisa de forma particularizada el crecimiento y estado de los ejemplares plantados objeto de seguimiento individual.
 6. **Observaciones:** Este campo se mantiene para la documentación de cualquier otro dato de interés (fotos, actuaciones puntuales...)



3.6.3 Muestreo de vegetación

Tras el ajuste al ritmo de desarrollo/recuperación de la vegetación problema o acompañante, y en cualquier caso siempre con periodicidad mensual, se visitaron las zonas para la toma de datos florísticos y de evolución de la vegetación. Como en el muestreo inicial, las unidades de muestreo fueron siempre cuadradas (Figura 15), con una superficie de 0,25 m² (50 x 50 cm), registrándose en cada una las siguientes variables mediante una **ficha de campo** estandarizada:

- **Nº de tallos de *Arundo donax*** (para el cálculo de la densidad en tallos/m²) mediante conteo directo (Figura 16).
- **Nº de individuos de especies acompañantes** presentes de forma natural en la unidad de muestreo, registrado mediante conteo directo. Como alternativa, en el caso de especies herbáceas de difícil identificación, se estimó la cobertura del suelo en % (en la práctica este fue el descriptor de la vegetación utilizado junto a la densidad de caña).
- En el caso de que dentro de la unidad de muestreo apareciera un **ejemplar repoblado**, se determinó su supervivencia y crecimiento en altura, además de realizar observaciones cualitativas acerca de su condición general, estado sanitario, fenofases (floración, fructificación...)

En relación con la revegetación, cada parcela quedó dividida en las franjas necesarias acordes a la ejecución, de forma que ésta quedara reflejada en el seguimiento, por ejemplo una banda litoral (zona de biorrollo), y resto de la ribera. En este aspecto y en los que siguen (distribución de las unidades de muestreo), el diseño del seguimiento propiamente dicho es idéntico al muestreo inicial:

En la primera franja (**banda litoral**) de las **parcelas de 30 m** las unidades de muestreo se ubicaron sistemáticamente a 5 m del inicio de la parcela y con 5 m de separación entre unidades sucesivas (4 en total).

En la **banda litoral** de las **parcelas de 20 m**, la primera unidad se ubicó a 2,5 m del inicio de la parcela, separándose las unidades entre sí igualmente 5 m (3 en total).

En la **segunda franja (talud)**, se establecieron dos transectos paralelos a lo largo de los cuáles se situaron de forma sistemática las unidades de muestreo.

En las **parcelas de 30 m** la primera unidad de cada transecto se situó a 5 m del inicio de la parcela, con una separación entre unidades de 4 m. La separación entre los dos transectos paralelos fue de 1 m (para una anchura media de banda de 3 m). El número total de unidades de muestreo en la segunda franja fue de 10 en dos líneas paralelas (5 x 2 transectos).

Para las **parcelas de 20 m**, la primera unidad de cada transecto se ubicó a 2,5 m del inicio. La separación entre unidades del mismo transecto fue de 3,5m, y entre los dos transectos paralelos se procuró mantener la separación de un metro.

En el caso de que la separación entre los dos transectos paralelos (en tramos de ribera de menor anchura) no pudiera ser de 1 m, se ajustó la distancia de separación para mantener el mismo número de unidades de muestreo con disposición paralela.



Figura 15. Disposición sobre el terreno de la unidad de muestreo de vegetación



Figura 16. Sección longitudinal del rizoma y tallo seco de caña (izquierda), y aspecto del rizoma y raíces tras ser excavadas (derecha). Tomado de Speck & Spatz (2003).

3.6.4 Muestreo y registro de datos ambientales

En las visitas para el muestreo de vegetación, en cada una de las parcelas de seguimiento se tomaron datos de:

- **Temperatura ambiente**
- **Humedad relativa**
- **Insolación**

En las unidades de muestreo cuyos tratamientos incluían plantaciones o en aquéllas situadas bajo la influencia de algún pie arbóreo remanente, estaba previsto realizar además una medida del **porcentaje de pleno sol** (Quinn & Holt, 2008) bajo el



radio de sombra del pie replantado y otra fuera del radio de acción de la especie vegetal para saber el cambio en las condiciones de insolación provocado por la repoblación⁵.

También se realizaron medidas del **contenido de agua** en las muestras de suelo, y de la **temperatura** del mismo en dos puntos por parcela.

En este apartado conviene hacer una precisión sobre la modificación impuesta por el desfase entre la realización de las actuaciones sobre el terreno, y el inicio del seguimiento propiamente dicho. Aunque los trabajos preparatorios se adelantaron todo lo posible, las primeras mediciones y muestreos se realizaron después de la intervención. Por ello la caracterización edáfica inicial se realizó a partir de la toma de muestras en puntos de referencia representativos, en localizaciones no alteradas equivalentes a las parcelas de seguimiento, junto con muestras obtenidas *in situ* -siempre el tipo de recubrimiento lo permitía- en las parcelas ya tratadas.

A la finalización del seguimiento se han obtenido nuevas muestras en los mismos lugares para determinar las variaciones asociadas a la propia dinámica del lecho y valorar las modificaciones atribuibles a los tratamientos, para evaluar su posible influencia sobre la regeneración de la especie problema.

Para ello se ha seguido el protocolo de muestreo propuesto, que supone la obtención para cada parcela o área equivalente de referencia seleccionada, de al menos la siguiente cantidad de suelo (muestra heterogénea de los 15-20 cm superiores):

- 1 kg para la determinación del contenido de humedad, pH y conductividad, y para el análisis del contenido de materia orgánica
- 10 g para el análisis de textura (% de arcilla, limo y arena), y para el análisis de nutrientes, contenido en carbonato cálcico y sales

⁵ Estaba previsto que estas medidas se iniciaran en cuanto se detectara un efecto apreciable de sombreado por los pies supervivientes o de nueva implantación. En la práctica todas las medidas de insolación se tomaron sistemáticamente, dada la ausencia de un sombreado suficiente.



3.6.5 Análisis de laboratorio

Los distintos conjuntos de parámetros a analizar o medir en las muestras recogidas en las áreas de trabajo y puntos de contraste requieren una metodología e instrumentación específica, por lo que se están realizando en distintos laboratorios (todos ellos localizados en el Campus Universitario de Espinardo):

- Servicio Universitario de Instrumentación Científica (SUIC)
- Laboratorio de Ionómica (CEBAS-CSIC)
- Departamento de Conservación de Suelos y Agua (CEBAS-CSIC)
- Departamento de Ecología e Hidrología (Facultad de Biología)

El análisis elemental del segundo tipo de muestras (10 g), realizado en el SUIC mediante el uso de técnicas de fluorescencia, permite obtener además de los parámetros contemplados en el contrato, información sobre la concentración de un gran número de elementos y compuestos (metales, sales...) que pueden tener interés en la caracterización de los suelos estudiados y en el estudio de los procesos que influyen en el desarrollo de la especie problema.

Una parte de cada muestra de suelo fue almacenada separadamente, convenientemente cerrada, en el momento de la recogida, siendo pesada antes de su secado. Posteriormente, se ha sometido a estas muestras a un secado en estufa a 110 °C durante 24 horas, lo ha permitido determinar la humedad gravimétrica (peso del agua contenida en el suelo en %).

Desde la emisión del primer informe trimestral (junio 2011), se dispuso ya de todas las muestras requeridas para la caracterización inicial del suelo, tanto en lo relativo a sus propiedades físicas y contenido de humedad, como a su composición química. Los resultados de los análisis se recibieron a lo largo del segundo trimestre.

Durante el cuarto y último trimestre se han obtenido las muestras finales con la intención de disponer de los resultados de caracterización del suelo en el momento de



elaborar el Informe Final. Al no haber sido posible, en el apartado correspondiente se aborda únicamente la comparación de las características edáficas de las parcelas tratadas entre sí y entre éstas y parcelas de referencia (no tratadas).

3.6.6 Registro de otras incidencias

Además de los datos al estado físico de la parcela y de los materiales de revestimiento o estabilización implantados (reflejados en la ficha correspondiente), en las fichas de muestreo o en cuadernos de campo, se ha procurado toda la información biológica y de uso/gestión de las parcelas o de las áreas colindantes, a la que pudiera atribuirse un valor indicador con respecto al proceso de recuperación, o que pudiera condicionarlo. Así se registraron:

- Datos de presencia (o índices de actividad, como excrementos, huellas, nidos...) de fauna indicadora de calidad del medio ripario, interés de conservación o valor funcional (dispersores, polinizadores...)
- Vertidos sólidos o líquidos que afectan a la zona de ribera
- Actividades agrícolas o de otro tipo en la zona inmediata a la ribera
- Uso de la zona de ribera por el público (incluyendo sugerencias o peticiones sobre la misma, opiniones percibidas...)

En las observaciones acompañantes a las fichas se ha procurado reflejar aquéllas propuestas o sugerencias que se desprendían directamente del trabajo de campo u opiniones recogidas a pie de parcela. En especial, en lo referente en actuaciones puntuales urgentes encaminadas a adaptar o corregir el diseño o ejecución de las medidas de control implementadas. Todo ello sin perjuicio de la ulterior elaboración de estas observaciones y sugerencias en los correspondientes informes intermedios, en los que se realizan evaluaciones más precisas y propuestas de mayor alcance (por ejemplo, reposición de marras en las plantaciones o exigencia de desbroces parciales en torno a las plantaciones).

3.7 Calendario de seguimiento

A continuación se presenta el cronograma de ejecución del contrato, con las distintas fases en que se ha estructurado el seguimiento, indicando en cada una de ellas los periodos cubiertos por los trabajos incluidos en el presente informe y los informes intermedios producidos.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010				[Yellow bar with book icon]								
2011	[Yellow bar with book icon]			[Green bar with book icon]								
2012	[Green bar with book icon]	[Blue bar with arrow and book icon]										

FASE 1: Trabajos preparatorios (Hasta entrega de Informe Inicial = 📖, incluyendo la toma de muestras inicial para la caracterización edáfica)

FASE 2: Desarrollo del Seguimiento (incluyendo elaboración de informes trimestrales = 📖, y el muestreo final del suelo; ➔ indica alcance del presente informe)

FASE 3: Análisis de resultados y evaluación final (hasta entrega de Informe final = 📖)

Los trabajos preparatorios corresponden a un **seguimiento preliminar** que se ha extendido desde abril hasta septiembre de 2010 (realizado durante un contrato precedente). A partir de la entrega del Informe inicial (marzo 2011) se puso en marcha el **seguimiento propiamente dicho**.



3.8 Tratamiento y análisis estadístico de los datos

Como indicador de respuesta (variable dependiente) en los análisis se ha utilizado la densidad de caña en tallos por metro cuadrado. Se ha considerado que ésta es la variable idónea por ser un indicador más preciso que la cobertura, y más fácil de determinar *in situ* que la presencia de rizomas que pudieran persistir en la zona o haberla recolonizado. La densidad de otras poáceas (*Phragmites*) se ha utilizado como indicador de respuesta a modificaciones hidroquímicas (Gómez *et al.*, 2004), o de actuaciones de gestión (Robledano & Esteve, 2011) en cauces de la Cuenca del Segura. Jiménez (2012) utiliza también esta variable para la caracterización de poblaciones de *Arundo donax* sometidas a tratamiento en otras cuencas hidrográficas. Seawright *et al.* (2009) utilizan también la densidad, junto con la altura de la caña, como variables que deben experimentar una reducción frente a la liberación de agentes biológicos de control (insectos). Dado que *Arundo donax*, una vez establecida, inhibe físicamente la germinación o establecimiento de otras especies (Hoshovsky, 1998; Bell, 1997; McGaugh *et al.*, 2006), la reducción de su densidad supone una ventana para la eventual colonización de especies competidoras, que constituiría el segundo nivel de tratamiento para su gradual desplazamiento.

Como estadísticos descriptivos, tanto en las tablas como en las figuras que ilustran su variación por parcela o tratamiento, se ha utilizado la media o la mediana, representándose en este último caso dicho valor central y los cuartiles en la forma de *boxplots* (diagramas de cajas).

Para analizar el efecto de los diferentes factores que configuran el diseño experimental, se ha analizado previamente la normalidad de los valores de densidad de carrizo (tallos/muestra) mediante el test de Shapiro-Wilk. Cuando dichos valores no siguen una distribución normal, y dado que las muestras no están distribuidas de forma equilibrada, se ha recurrido a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan, 1988). resto. Se han utilizado también modelos de regresión lineal para explorar la relación entre la densidad de caña y determinadas variables ambientales, y



para ajustar la variación de esta variable en el tiempo desde la aplicación de los tratamientos.

Para evaluar la eficacia de los diferentes tratamientos combinados sobre la reducción de la densidad de caña en las parcelas estudiadas se han utilizado modelos de regresión discreta (modelos generalizados). Mediante estos modelos se analiza el efecto sobre la densidad de caña de los diferentes tratamientos y cubrimientos aplicados sobre las parcelas de estudio, en relación al desarrollo natural de la especie establecido en la sección control (margen opuesta), sobre la que no se ha realizado intervención alguna.

En concreto, estos análisis se han realizado en tres apartados diferenciados:

- (a) Análisis de la eficacia de tratamientos y cubrimientos (de forma separada) sobre la reducción de la densidad de caña en relación a la parcela control.
- (b) Análisis restringido a parcelas en las que se ha aplicado un tratamiento manual previo, del posible efecto aditivo o sinérgico que pudieran tener los diferentes cubrimientos sobre el papel reductor que ya pueda ejercer el tratamiento manual.
- (c) Análisis restringido a parcelas en las que se ha aplicado un tratamiento mecánico previo, del posible efecto aditivo o sinérgico que pudieran tener los diferentes cubrimientos sobre el papel reductor que ya pueda ejercer el tratamiento mecánico.

Por otro lado, cabe apuntar que el efecto del paso del tiempo sobre la dinámica de crecimiento natural de la especie a lo largo de un ciclo anual parece enmascarar el efecto de los tratamientos y cubrimientos sobre la reducción de caña (considerando globalmente todo el periodo de estudio, es decir, incluyendo un factor “tiempo” en los modelos de regresión). Por tanto, para mantener aislada la influencia de este factor sobre la reducción/crecimiento de la caña, y poder detectar el efecto, independientemente del paso del tiempo, de los métodos aplicados sobre la reducción de caña, los tres grupos de análisis comentados anteriormente se han realizado sobre los datos registrados en momentos determinados del periodo de estudio. Estos momentos ha sido:



- A los 6 meses de comenzar los tratamientos
- A los 12 meses de comenzar los tratamientos
- A los 18 meses de comenzar los tratamientos
- A los 23 meses de comenzar los tratamientos

Se realizaron modelos de regresión discreta para la variable dependiente “densidad de caña”, con una distribución de Poisson. En todos los modelos se incluyó el factor “parcela” para integrar el efecto aleatorio de la variabilidad inherente a las diferentes parcelas. Todos los análisis se han implementado mediante el software de distribución libre “R” (R Development Core Team, 2007).



4. RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

La recopilación solicitada de antecedentes incluye tres tipos de fuentes principales:

(1) Datos de tratamientos previos de control de carrizo o caña común⁶ en la conservación y mantenimiento de cauces de la Cuenca del Segura y en otras cuencas hidrográficas del Estado en las que la especie sea objeto de seguimiento y control. La solicitud de estos datos para otras cuencas hidrográficas de la vertiente Mediterránea también se ha canalizado a través de la CHS, con excepción de las cuencas interiores de Catalunya para las que se consultó la información publicada por la Agencia Catalana del Agua (ACA).

(2) Recopilación de datos ambientales y geográficos de interés para la investigación, referidos con carácter general al Sureste de España y específicamente a la red hidrográfica de Segura.

(3) Además de lo anterior se ha intentado recopilar toda aquella bibliografía y documentación científico-técnica específica relativa al seguimiento de los efectos de la caña común sobre la ecología de los sistemas fluviales y las características ambientales asociadas a sus procesos de colonización y expansión, así como las implicaciones prácticas de su control en el mantenimiento de la funcionalidad (hidráulica, recreativa, etc.) de los cauces.

Con respecto a este último punto cabe indicar que se ha renunciado a realizar una recopilación exhaustiva, procurando disponer de una muestra representativa de trabajos

⁶ La recopilación de este tipo de antecedentes se está realizando, en principio, de forma conjunta para estas dos especies problema, de cara a su posterior inclusión en este proyecto y en el que se desarrolla de forma simultánea en el Canal del Reguerón ("SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DEL CARRIZO (*Phragmites australis*) EN LA REGIÓN DE MURCIA"). Ello es debido a que con frecuencia las acciones de control se realizan indistintamente para las dos especies invasoras citadas, dentro de las actuaciones regulares de mantenimiento de cauces.



acotada por criterios de representatividad geográfica, ambiental y metodológica, sobre los cuáles ha sido posible evaluar la importancia relativa de los distintos tópicos sometidos a estudio o experimentación.

La búsqueda y almacenamiento de antecedentes y referencias bibliográficos ha sido un proceso continuo a lo largo de todo el desarrollo del contrato, con lo que en este informe se presenta la relación final actualizada de bibliografía, informes y documentos técnicos y otros recursos documentales relacionados con la investigación, adecuadamente referenciados. Esta búsqueda ha tenido también, tal como se ha indicado, un carácter conjunto con la recopilación de información realizada con respecto al carrizo (*Phragmites australis*) en el proyecto paralelo referido a esta especie que se desarrolla en el Canal del Reguerón⁷. Lo cual se justifica porque con frecuencia ambas especies invasoras son tratadas conjuntamente en la bibliografía sobre control de especies invasoras.

A continuación se exponen los principales resultados de la búsqueda, iniciando la exposición con un breve apartado de síntesis que pretende situar la gestión de la especie problema en el contexto histórico, administrativo, ambiental y socioeconómico de la conservación y restauración de los cauces y riberas fluviales. Dicha aproximación se realiza considerando diversas escalas biogeográficas y geopolíticas “encajadas”, como pueden ser la “mediterráneo->península ibérica->Cuenca del Segura”, o “Unión Europea/Estado español/Región de Murcia”.

4.1 La caña común (*Arundo donax*) como especie problema: marco europeo y global

Aún tratándose de una especie introducida en Europa en tiempos históricos, la Caña Común (*Arundo donax* Linnaeus, 1753) no suele ser considerada una especie exótica. Tradicionalmente ha sido valorada como una planta útil para muy diversas aplicaciones y funciones (Pardo de Santayana *et al.*, 2006), motivo por el cual ha sido exportada a otras regiones mediterráneas (Perdue, 1958), donde eventualmente ha llegado a constituir un problema (Baskin, 1998). No es raro que se la mencione en

inventarios de comunidades y tipos de hábitat como especie característica o acompañante (Ríos & Alcaraz, 1995; Molina *et al.*, 2004; Sabater *et al.*, 2009; Salinas & Cueto, 2009; Figura 17), e incluso hasta fechas muy recientes aparece dentro de las relaciones de especies utilizadas en la restauración de riberas (García-Novo *et al.*, 2007). De hecho muchos autores la consideran una especie indígena de España, el Mediterráneo o Eurasia en general (Polunin & Huxley 1987; Fornell 1990; Bell, 1997), hasta el punto de que en los estudios realizados en Sudáfrica, Guthrie (2007) se refiere a ella como “Spanish reed” o “Spanish cane”, entre otras denominaciones (ninguna con una atribución tan precisa de origen geográfico). También se traduce al alemán como “Spanischen Rohrs” (Riedlinger, 2006).

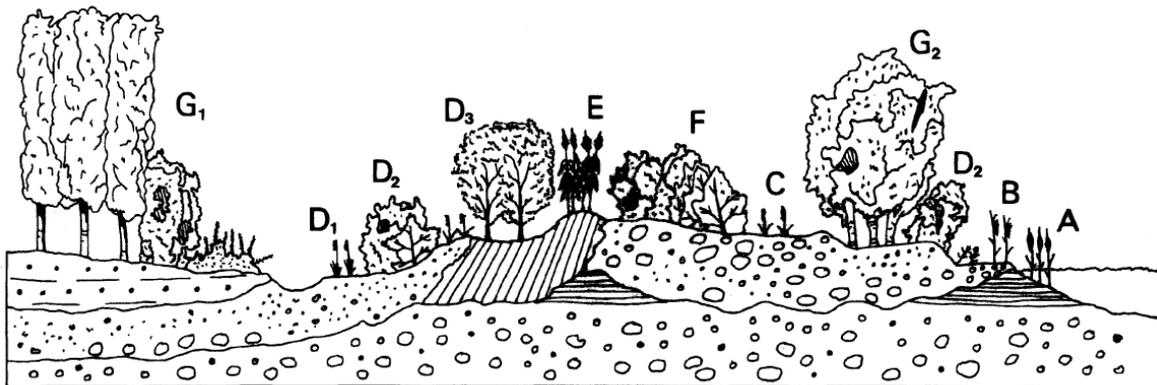


Figura 17. Representación esquemática de la distribución de la vegetación en una sección transversal de la llanura de inundación del cauce medio del río Cinca (tomado de Molina *et al.*, 2004). “E” son comunidades de Arundo donax. En el trabajo no hay ninguna referencia al carácter exótico o potencial invasor de esta especie.

La percepción de su carácter invasor ha sido mucho más acusada en zonas de instalación más reciente como el suroeste de EEUU y N de México (Dukes & Mooney, 2004; McGaugh *et al.*, 2006; Coffman, 2007) o Sudáfrica (Guthrie, 2007). Más recientemente también ha empezado a ser reconocida en España como una especie problemática, si bien se le atribuyen también algunas funciones positivas como la de freno a la erosión fluvial y la de proporcionar cobijo a la fauna superviviente (Sanz Elorza, 2004), de manera que se recomienda establecer líneas de trabajo encaminadas a la recuperación del bosque ripario autóctono como paso previo a cualquier iniciativa de eliminación selectiva. Quizá por este motivo en el reciente Real Decreto 1628/2011, de 14

⁷ “SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DEL CARRIZO (*Phragmites australis*) EN LA REGIÓN DE MURCIA”



de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras, *Arundo donax* sólo figura en el Anexo I en el ámbito de Canarias. Dicho anexo incluye las especies exóticas para las que existe información científica y técnica que indica que constituyen una amenaza grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, la agronomía o para los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural.

Según el Real Decreto, en el citado anexo se incluyen las especies exóticas susceptibles de convertirse en una amenaza grave por competir con las especies silvestres autóctonas, alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos y aquellas especies exóticas con potencial invasor, de acuerdo con el artículo 61.4 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en especial las que han demostrado ese carácter en otros países o regiones, con el fin de proponer, llegado el caso, su inclusión en el Catálogo.

Pese a que *Arundo donax* está reconocida a escala mundial como una de las plantas alóctonas más peligrosas y nocivas invasoras, formando parte de la lista de las 100 peores especies invasoras del Grupo de Especialistas sobre Especies Invasoras (Sanz Elorza *et al.*, 2004), y también en el ámbito mediterráneo (Brunel, 2005) no está incluida siquiera entre las especies que integran el Listado de Especies Exóticas con Potencial Invasor (Anexo II del Real Decreto estatal). Sin embargo, es precisamente uno de los taxones que se pone como ejemplo de actuaciones de eliminación de especies exóticas en las cuencas hidrográficas españolas, en el contexto de la Directiva Marco del Agua (Catalinas *et al.*, 2010), lo que sugiere que su control tiene una relevancia considerable en la restauración de la calidad hidromorfológica de nuestros cauces.

4.1.1 La especie objetivo

La caña común (*Arundo donax*), también conocida como “carrizo gigante” es una planta invasora en muchas regiones subtropicales, tropicales y templadas de todo el mundo. Esta gramínea (*Poaceae*) de gran tamaño (hasta 8 metros de altura), es considerada por algunos autores genéricamente nativa del Viejo Mundo (desde la Península Ibérica hasta el sur de Asia) donde se cultivó durante miles de años con fines

medicinales, hortícolas y culturales (López, 1982; Pardo de Santayana *et al.*, 2006; Cortés *et al.*, 2009).

Según Sanz Elorza *et al.* (2004) se trata de una especie de introducción muy antigua, cuya llegada a Europa occidental sitúa aproximadamente en el siglo XVI, momento en que existen referencias en Italia. En consecuencia, a escala europea podría incluso tratarse de un arqueófito, ya que las fechas se encuentran precisamente en el entorno temporal (1492) que diferencia éstos de los neófitos. De hecho en el siglo XVI el uso de *Arundo donax* en la manufactura de diversos objetos estaba tan extendida (Pardo de Santayana, 2006) que cabe atribuirle una llegada más antigua. Está en cualquier caso considerada como una especie invasora en la Cuenca Mediterránea, al igual que en otras zonas con las mismas características climáticas (Witje, 2001; Coffman *et al.*, 2004; Brunel, 2005; Coffman, 2007).

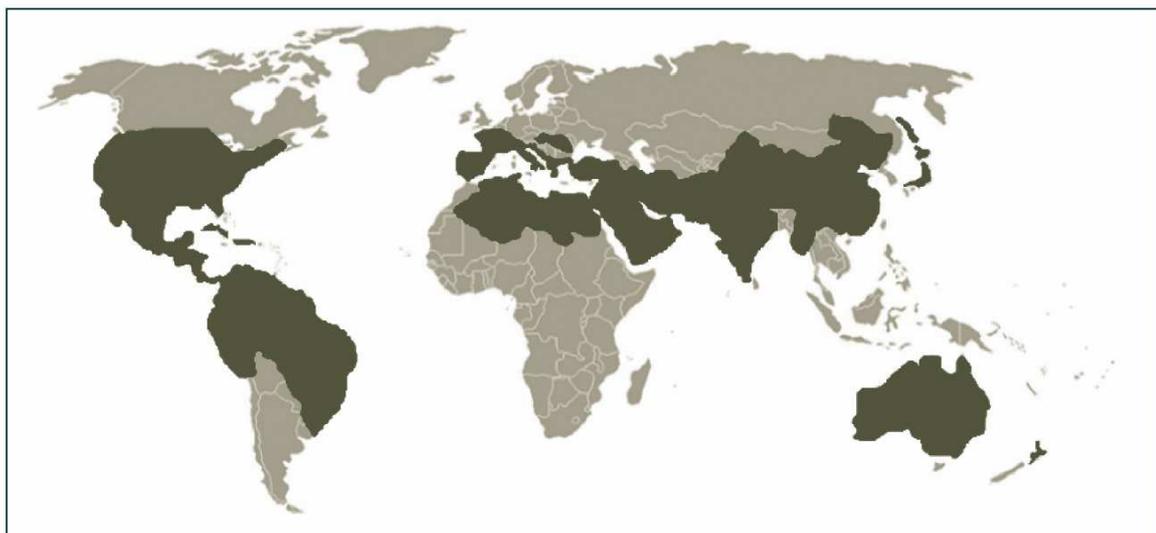


Figura 18. Distribución mundial de *Arundo donax* (Fuente: Cortés *et al.*, 2009)

Fue introducida en el Nuevo Mundo, probablemente a principios del s. XVI con la llegada de los primeros colonizadores españoles. Posteriormente ha sido ampliamente dispersada por el continente americano, desde el sur de EEUU hacia América central y del sur, alcanzando también todas las islas de las Indias Occidentales. En Estados Unidos ha sido cultivado con éxito tan al norte como Washington, D. C., y se ha naturalizado a partir de plantaciones hasta Virginia y Missouri (Perdue, 1958). En la actualidad, invade de manera muy agresiva ecosistemas ribereños, principalmente del

Suroeste de EEUU y Norte de México. El hecho de que el área de California presente un clima mediterráneo muy similar al del Sureste español, ha favorecido la rápida adaptación de esta especie invasora (Cortés *et al.*, 2009; Figura 18).

En España está distribuida por el S, E y Centro de la Península Ibérica y Canarias (Figura 19), encontrándose entre las 75 especies alóctonas invasoras de ambientes naturales o seminaturales (según Bañares *et al.*, 2004), perteneciendo al Xenotipo ME-HE (metáfito hemiagriófita = especie naturalizada en hábitats seminaturales, es decir, sometido a una moderada influencia de la actividad humana, por ejemplo, pastoreo o aprovechamiento forestal moderados). Los tipos de hábitats invadidos son riberas y sistemas lacustres (lagunas, charcas, etc.). Estos autores indican que una vez implantada, la especie dificulta la regeneración natural de la vegetación nativa, y que su presencia probablemente sea consecuencia del arrasamiento de la vegetación de zonas húmedas más que de su capacidad invasora en zonas naturales. Aparece naturalizada en multitud de enclaves seminaturales y espacios protegidos, en alguno de los cuáles es objeto de actuaciones de control (Andreu & Vilá, 2007).

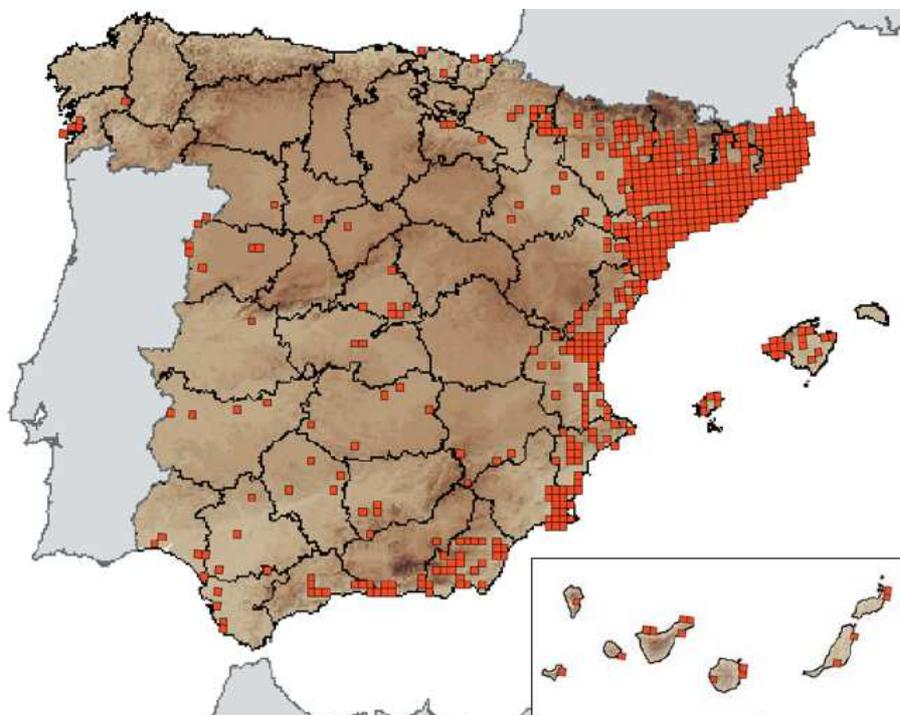


Figura 19. Distribución de *Arundo donax* en España (Fuente: Sanz Elorza *et al.*, 2004)



Por los hábitats que invade es frecuente que aparezca citada entre las especies riparias típicas del Mediterráneo (*Populus sp.*, *Salix sp.*, etc.). Braun-Blanquet y O. de Bolós, al definir la Clase *Nerio-Tamaricetea* (formaciones arborescentes dominadas por distintas especies del género *Tamarix*, de neto carácter ripícola, que en el sur de Europa sustituyen a las ripícolas caducifolias de origen eurosiberiano), consideran como especies características a “*Arundo plinii* y la introducida *Arundo donax*” (Ferrerías, 1986). No obstante, *Arundo donax* está considerada por la UICN una de las 100 invasoras más peligrosas y nocivas a escala mundial por su capacidad para desplazar a la vegetación nativa (Bañares *et al.*, 2004).

Arundo es un higrófito que crece en lugares húmedos y a orillas de lagos y ríos (Bell 1997), invadiendo y adaptándose especialmente en áreas perturbadas de los sistemas riparios. Es una de las plantas que permanece como el productor biológico más importante dentro de las comunidades produciendo unas 20 toneladas de biomasa por hectárea en condiciones ideales de crecimiento (Perdue, 1958; Coffman, 2007) lo cual puede ocasionar un cambio en los patrones normales de inundación al caer al agua cuando se rompe. Puede crecer entre unos 5-7 cm al día alcanzando una altura considerable en unas pocas semanas, su carácter invasor deriva en gran medida de este rápido crecimiento.

Esta especie es capaz de tolerar una amplia variación de condiciones ecológicas ya que se propaga por medio de rizomas enterrados profundamente en el suelo, pudiendo así adaptarse a multitud de lugares que posean condiciones climáticas similares. Las áreas ribereñas son zonas relativamente vulnerables a la invasión de especies vegetales exóticas como *A. donax* debido a la perturbación recurrente ocasionada por el transporte de propágulos vegetativos a través del cauce del río y por la disponibilidad de agua para el crecimiento de la planta (Hood & Naiman, 2000; Decruyenaere & Holt, 2005; Quinn & Holt, 2008)

Por lo que se refiere a su presencia en la Cuenca del Segura, no existen datos precisos sobre el alcance de su distribución, pero aparece citada tanto en los trabajos descriptivos generales (Ríos y Alcaraz, 1995) como en estudios específicos de diferentes sectores de la misma, desde zonas de cabecera hasta cauces muy alterados de los

tramos medios o bajos. Así, Roldán *et al.* (1987) citan a la especie en localidades de la cuenca alta (Río Mundo) y Aboal (1989) la menciona entre los grandes helófitos que colonizan las zonas más degradadas del Río Benamor (Noroeste de la Región de Murcia). Por su parte Vidal-Abarca y Suárez (2007) la sitúan en el Río Chícamo (Este de la Región de Murcia) y también está citada, junto con *Arundo plinii* en el Canal del Reguerón, tramo final canalizado del Guadalentín antes de su desembocadura en el Segura (Suárez & Vidal-Abarca, 1983).

TRIBU 8.º — ARUNDINEAS.	
<p><i>Arundo donax</i>, L. 4..... <i>Donax arundinacea</i>, P. de B. <i>Scolochloa donax</i>, Gaud. <i>Scol. arundinacea</i>, Mert.</p> <p><i>Arundo Pliniana</i>, Turr. 3..... <i>Ar. mauritanica</i>, Desf. <i>Calamagrostis donaciformis</i>, Lois. <i>Donax mauritanica</i>, Róm. Seb.</p> <p><i>Phragmites communis</i>, Trin. 4..... <i>Arundo phragmitis</i>, L.</p> <p><i>Var. β flavescens</i>..... <i>Phrag. isiaca</i>, Rebb.</p>	<p>Se cultiva y sirve de seto vivo en las acequias, regueros y parajes húmedos de las huertas.</p> <p>En sitios húmedos de países cálidos. Crece en la region austro-oriental (Webb.) cerca del cabo de Gata. (Boiss.)</p> <p>En la orilla de los rios, estanques y arroyos de Madrid y las mas de las provincias.</p> <p>Crece esta variedad en Lanjaron.</p>

Figura 20. Datos sobre distribución y ecología de *Arundo donax* y *Arundo plinii* en la Península Ibérica según Del Amo (1861)

Su cultivo milenario en todo el Viejo Mundo hace que algunos autores la consideren genéricamente nativa de esta zona (Cortés *et al.*, 2009) y explica su extensión a prácticamente todo el territorio de la Cuenca, de forma más o menos continua dependiendo del grado de alteración de los cauces y de su presencia en zonas cultivadas de las vegas fluviales adyacentes. Los registros históricos reflejan una distribución tradicionalmente asociada a este tipo de enclaves (Del Amo, 1861; Figura 20). Colmeiro (1889) sitúa genéricamente a *Arundo donax* en “Murcia a las orillas del Segura” (basándose en las recolecciones de E. Bourgeau en diferentes provincias de España, Portugal e Islas Baleares en viajes realizados desde el año 1849 hasta 1864), mientras



que para *Arundo plinii* recoge citas en Orihuela y Cabo de Gata (procedentes de M. Lagasca y R. Webb).

Como métodos de control efectivos para la especie, se apunta que cualquier actuación encaminada a su eliminación debe integrarse en un plan general de recuperación de la vegetación típica del cauce o humedal objetivo (Hoshovsky, 1998). Para rodales poco extensos resulta efectiva la retirada manual (o por maquinaria ligera) de los rizomas. Entre los herbicidas se han usado con éxito Glifosato 2-5% (aplicación foliar), desde la postfloración hasta la predormancia, y también aminotriazol e imazapir (Bañares *et al.*, 2004). Una tipología de técnicas de control basada en la clasificación usual de métodos de lucha contra las malas hierbas, incluiría el control físico manual (arranque o excavación), o mecánico (troceado, corta o siega), quema controlada, control por herbívoros, control biológico (uso de insectos herbívoros o patógenos), y control químico (Hoshovsky, 1998).

4.1.2 Impactos producidos por la caña común

La presencia y expansión de la especie objeto de eliminación, altera la composición de las comunidades en las que se encuentran reduciendo la diversidad de la flora y fauna de los ambientes riparios, debido a sus altas tasas de producción de biomasa y a sus rápidos crecimientos (Milton 2004).

Además, esta es una especie competidora y reemplaza a las especies nativas que existen en los lugares que coloniza, formando extensas masas que impiden el establecimiento de otras plantas (Bell, 1997). Por otro lado, altera los patrones hidrológicos y de sedimentación incrementando el riesgo de inundación (Oakins, 2001; Coffman *et al.*, 2004).

Arundo donax es una planta altamente competitiva y de carácter alóctono en el Mediterráneo que en algunas regiones del mundo desplaza incluso a *Phragmites australis* (Hoshovsky, 1998; McGaugh *et al.*, 2006; Guthrie, 2007). Bajo condiciones ambientales idóneas (por ejemplo, con elevada disponibilidad hídrica sobre sustratos nitrificados, como en zonas húmedas, cultivos de regadío y riberas de río), tiende a colonizar el

espacio, particularmente en zonas alteradas por la actividad humana (Paracuellos, 2001; Quinn & Holt, 2008). Pese a que en las áreas donde coincide con *Phragmites australis* ésta normalmente ocupa los bordes más próximos al agua, situándose la caña en los extremos más alejados, en los puntos de simpatria se ha observado una competencia por la superficie entre ambas especies, desplazando la especie alóctona a la autóctona (Paracuellos, 2001).

Los cañaverales estudiados por Paracuellos (2001) en Almería, presentaron una composición en Passeriformes palustres depauperada en comparación con la encontrada en otras formaciones riparias, como los carrizales, faltando principalmente el conjunto de aves más selectivas y adaptadas a los medios palustres (desaparecen, entre otras, el carricero tordal *Acrocephalus arundinaceus*, el pechiazul *Luscinia svecica*, el pájaro moscón *Remiz pendulinus* y el escribano palustre *Emberiza schoeniclus*). Ello pudo deberse a diferencias en determinadas características ambientales entre ambos biotopos, siendo la menor disponibilidad de invertebrados asociados a *Arundo donax* una de las posibles causas que provocaron tales disimilitudes.



Figura 21. Ribera en proceso de eliminación del rizoma de *Arundo* (momento posterior a la corta), mostrando un rebrote parcial de la especie a eliminar (Río Segura en Cieza)



La eliminación periódica de esta especie de los cauces, obligada por la necesidad de mantener su funcionalidad hidráulica y el acceso a las riberas, es una tarea que consume importantes recursos (Figura 21). A medio-largo plazo sólo tiene viabilidad si le acompaña la restauración de unas condiciones ecológicas tales que impidan el restablecimiento de las especies problema (Sanz Elorza *et al.*, 2004).

4.2 Bibliografía y documentación científico-técnica específica referida a la ecología, problemática y control de la caña común

En nuestro país normalmente el control de la caña común se subsume en actuaciones genéricas de “limpieza de cañas, carrizos y maleza”, dentro de las cuales no se contemplan medidas específicas para cada una de las especies problema. La realización de actuaciones para la lucha contra especies invasoras como *Phragmites australis* o *Arundo donax* se incluyen en el Programa de Actuaciones para la Conservación del Dominio Público Hidráulico dentro de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos y destacando estas actuaciones en el Júcar, en el Segura y en el Guadiana. Sin embargo, y como muestra de lo indicado en el párrafo anterior, en el reciente I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial (www.restaurarios.es) celebrado en el mes de octubre de 2011, aparecen fundamentalmente referencias a la optimización de los sistemas de eliminación y control de cañaverales de *Arundo donax*, siendo esta la principal especie objeto de eliminación.

En consonancia con lo anterior, la búsqueda en bases de datos de bibliografía científico-técnica ha proporcionado muy escasos datos sobre publicaciones en revistas españolas. En concreto, la búsqueda realizada en la base de datos ICYT – Ciencia y Tecnología del CSIC (<http://bddoc.csic.es:8085/>) extrajo 4 referencias con la clave de búsqueda *Arundo donax*, de las cuales ninguna se refiere a su control. La misma búsqueda realizada sobre el descriptor “caña común” produjo una relación también de 4 referencias coincidentes con las anteriores excepto en un caso, y sin que se incorporara ninguna relativa al control de la especie objetivo (ver apartado 9.2.1). Tampoco mejoró la búsqueda de publicaciones científicas españolas la consulta a la base de datos Dialnet (<http://dialnet.unirioja.es/>).



En el ámbito internacional, la consulta de las plataformas Web of Knowledge de Thomson Reuters, y Sciverse Scopus, facilitadas por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (<http://www.fecyt.es>) permitió realizar búsquedas mediante combinaciones de términos que incluyeran *Arundo donax*. En este caso la mayor aportación fue la realizada por *Scopus*, que proporciona no sólo artículos científicos sino otro tipo de recursos bibliográficos. Las búsqueda con la clave *Arundo donax* rindió 357 artículos científicos, 6541 páginas web, 165 patentes y 217 recursos de otro tipo. Una vez acotada mediante las palabras clave “control” y “Mediterranean”, la lista retuvo 46 artículos científicos, 840 direcciones de internet y 21 patentes, dando una idea del volumen de literatura disponible sobre esta especie, en su mayoría referida a usos, técnicas de propagación y métodos de control (sobre todo químico y biológico).

Como indicador del progreso realizado en este primer apartado de la recopilación de antecedentes, las referencias de artículos publicados sobre *Arundo* finalmente exportadas al gestor de referencias bibliográficas *Endnote* han sido 78 artículos científicos (sólo 12 más que en el último informe trimestral), tratando los diferentes tópicos objeto de la búsqueda bibliográfica (ver apartado 9.2.2).

La búsqueda en *Google Scholar* permitió incorporar algunos recursos más, a los que hay que añadir la relación de otros recursos documentales en red obtenidos por diversas vías (apartado 9.2.2). El resultado final (una vez compiladas, filtradas y depuradas todas las anteriores fuentes) han sido 311 recursos, relación no exhaustiva pero que se considera suficientemente representativa de la diversidad de publicaciones disponibles, dada la amplitud de la prospección en cuanto a plataformas, términos y cadenas de búsqueda.

Esta relación se refiere siempre a recursos en cuya búsqueda ha intervenido el tópico “*Arundo donax*”, no incluyendo por tanto otros trabajos que se citarán a lo largo del informe por ilustrar aspectos relevantes para la discusión de los resultados del seguimiento.

En la figura 22 se han organizado los recursos finalmente seleccionados para la discusión de los resultados del seguimiento, indicando su naturaleza o ámbito (de acuerdo con las claves de búsqueda que permitieron llegar hasta ellos). Se han asignado

a una o más de las siguientes clases: estudios básicos, documentación y/o evaluación de técnicas de control (mecánico, físico, químico, biológico); estudios referidos específicamente a la funcionalidad o conservación de la red hidrográfica y el ecosistema ripario asociado; estudios enfocados a la conservación de la biodiversidad; referencias al uso de *Arundo* como recurso; y otros (miscelánea).

Conviene señalar que los recursos en internet sobre *Arundo donax*, tanto en lo que se refiere a su control (allí donde se presenta como especie invasora), como sobre su uso (allí donde se percibe como recurso aprovechable), son ingentes. Por ello, sólo se han incluido en esta clasificación aquéllos que se han considerado relevantes para la discusión de los resultados expuestos, sea como experiencias prácticas o como marco de conocimiento.

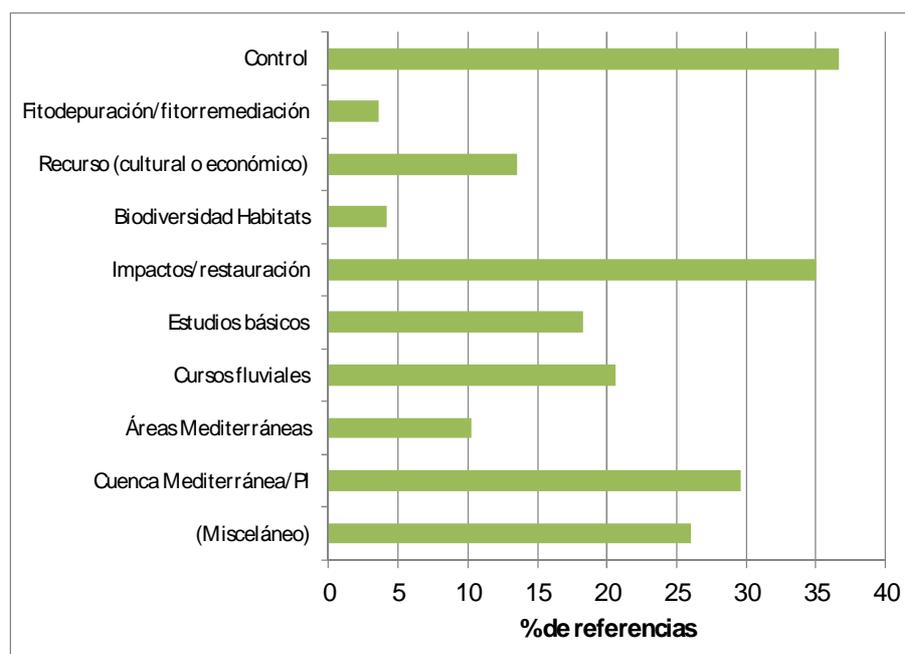


Figura 22. Referencias recopiladas por tópicos/ámbitos principales (311). Las clases no son excluyentes.

El análisis global de las referencias recopiladas (Figura 22) revela que algo menos de un 30% se refieren específicamente al ámbito de la Cuenca Mediterránea y un 10% adicional al resto de áreas bajo clima mediterráneo (Mooney *et al.*, 2001), o con carácter general a este bioma, destacando los correspondientes a California (Bell, 1997; Oakins, 2001; Faber, 2003; Ambrose, 2004; Ambrose & Rundel, 2007; Coffman, 2007) y Sudáfrica (Milton, 2004; Guthrie, 2007; Meek *et al.*, 2010). Nótese que, pese a que la



cadena de búsqueda incluía siempre el término “mediterráneo” (*mediterranean*), se han obtenido un 60% de recursos que corresponden a otros ámbitos geográficos. La vinculación a las áreas mediterráneas, por proximidad y/o origen de la especie es indiscutible, motivo por el cuál han sido seleccionados. Ejemplos característicos son algunos países o estados americanos especialmente preocupados por la invasión de *Arundo* como por ejemplo, Tejas (Goolsby *et al.*, 2010; Seawright, 2010) o México (McGaugh *et al.*, 2006). Esta alta representación de estudios o proyectos extramediterráneos (por encima incluso de los la propia Península Ibérica) tiene cierta lógica si se piensa que conforme aumenta la distancia a las regiones donde la especie está cultural o económicamente asimilada, crece la percepción negativa hacia la misma. Al mismo tiempo, tal como han mostrado Perni *et al.* (2011), en regiones como la de Murcia, la prioridad de gestión para el río Segura es garantizar la calidad del agua, seguida a distancia por medidas de restauración como la eliminación de especies exóticas invasoras. Las preferencias sociales diseñan un proyecto de restauración tipo que asignaría el 80% de su presupuesto a mantener una buena calidad del agua, destinándose el 20% restante a otras medidas.

En cuanto a los proyectos referidos a la Cuenca mediterránea y a la Península Ibérica, también hay que destacar la relativa escasez de estudios sobre ecosistemas fluviales españoles, al menos entre los que tienen que ver con impactos o medidas de restauración, y sobre el control de esta especie invasora. De hecho los estudios sobre ríos portugueses (por ejemplo, Aguiar *et al.*, 2007; Natali *et al.*, 2010) están representados en una proporción mayor de lo que cabría esperar de la extensión superficial de este país (por comparación con España). Da la impresión que, salvo en iniciativas muy recientes (Feliu, 2010; Robledano & Esteve, 2011; Deltoro *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2012), el control de *Arundo* en los ecosistemas riparios -por otros medios que no sea su corta regular en los cauces- no ha constituido una prioridad.

El mayor porcentaje de recursos bibliográficos recopilados abordan de forma genérica el control de *Arundo* (más de un 36%), siendo relativamente numerosas (casi la mitad de dicho porcentaje) las que describen o analizan experiencias relacionadas con el control mediante agentes biológicos. Se da además la circunstancia de que con frecuencia estos agentes son seleccionados entre la fauna consumidora de la caña en



sus áreas de origen, como la Península Ibérica (Cortés *et al.*, 2009 y 2012) donde no está demostrado en cualquier caso el carácter nativo del hospedador.

Un tema casi tan representado como el control, es el de los impactos causados por *Arundo* y las iniciativas o propuestas para la restauración de los ecosistemas riparios afectados por la especie (35% de las referencias). La siguiente categoría en importancia 18,3% de las referencias corresponde a estudios básicos sobre la fisiología, crecimiento y ecología de la caña. Un 20% de los estudios o proyectos recopilados se han realizado en ambientes riparios de ríos u otros cauces, y el resto tienen un alcance general o se refieren a humedales. Esto refuerza la impresión de que la invasión por *Arundo* se percibe como un problema más grave en los humedales (ver, por ejemplo, Deltoro *et al.*, 2012) que en los ríos (Perni *et al.*, 2011). Las categorías relativas a productos o servicios proporcionados por la caña no son dominantes en la muestra estudiada (ver, no obstante, más adelante en este apartado). Aún así, son tratados en más de un 16% de los recursos. La categoría menos representada son los estudios sobre biodiversidad asociada este tipo de formaciones, lo cual refleja su escaso valor ecológico intrínseco y como hábitat de otras especies. De hecho, uno de los principales efectos negativos atribuidos a la caña es la simplificación y empobrecimiento de las faunas riparias (Herrera & Dudley, 2003; Kisner, 2004). Con todo, algunos estudios documentan el valor de los cañaverales para algunas especies de interés en el contexto de los ecosistemas de ribera (Saavedra, 2003).

Recopilaciones realizadas con otros criterios de selección proporcionan repertorios distintos pero igualmente voluminosos, como el realizado por Australian New Crops (2008) bajo el criterio del potencial de aprovechamiento de la especie. Incluye 244 referencias indexadas en *Biological Abstracts/Biosis Previews*, realizando además un análisis de la evolución en el tiempo de las publicaciones que citan a *Arundo donax* (Figura 23), que muestra un marcado incremento sobre todo desde principios del presente siglo.

Arundo donax

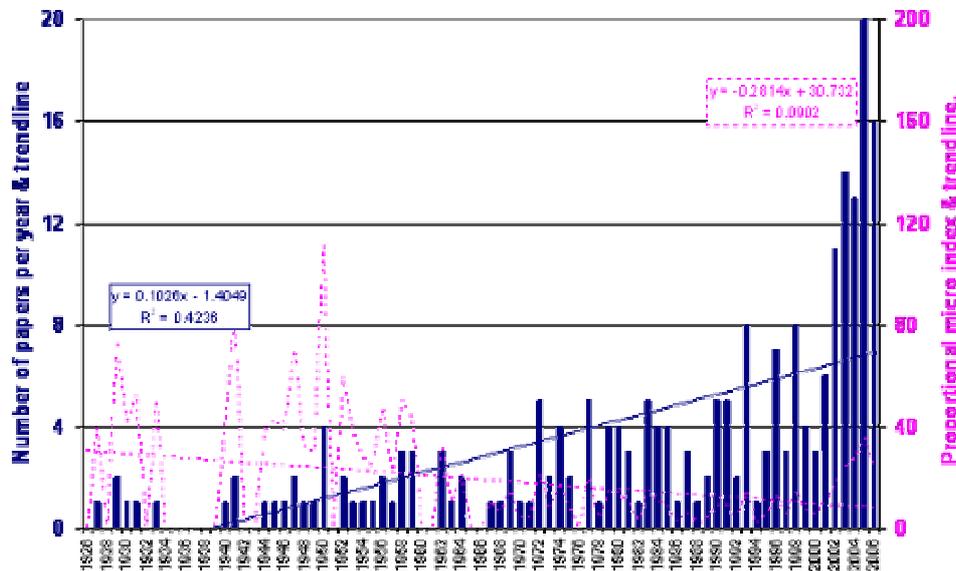


Figura 23. Documentos publicados que citan *Arundo donax* (histograma) y recta de mejor ajuste de 1926 a 2006 (línea continua azul, con la ecuación y la variación en % que representó, en el recuadro de la izquierda). Se representa también un microíndice proporcional, derivado del número de documentos que citan *Arundo donax* como proporción (escalada multiplicando por 10^6) del número total de artículos publicados en ese año (línea discontinua) con la recta de mejor ajuste para el mismo periodo (línea recta discontinua, con la ecuación y la variación en % representó en el cuadro de la parte derecha). Fuente: Australian New Crops Website (2008): http://www.newcrops.uq.edu.au/listing/species_pages_A/Arundo_donax.htm.

Aunque no se ha realizado un análisis detallado de estas publicaciones, cabe destacar que en una alta proporción se refieren al uso de *Arundo donax* como fuente de recursos (biocombustibles y materiales diversos) o como suministradora de servicios ambientales (fitodepuración y fitorremediación).

4.3 Datos de tratamientos previos de control del carrizo en la conservación y mantenimiento de cauces

4.3.1 Cuenca del Segura

Se ha realizado una búsqueda de expedientes revisando las Memorias Anuales de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) accesibles en internet desde 2004 (<http://www.chsegura.es/chs/informaciongeneral/elorganismo/memoriaanual/>), en las que se identifican algunos expedientes relativos a la limpieza de cañas y carrizos en cauces.



A partir de ellos y mediante la consulta directa al organismo se dispone de los datos de coste/efectividad solicitados.

Tal como se ha indicado previamente, en estos trabajos no es posible diferenciar normalmente, entre los tratamientos dirigidos específicamente a la caña común y los relativos al carrizo, aunque en algunos se podría discriminar, en función de la localización de las actuaciones, la especie que ha sido objetivo prioritario de la actuación. En la Cuenca del Segura los proyectos de los que la CHS dispone de información son:

4.3.2 Limpieza del canal de drenaje de las salinas de San Pedro

La principal particularidad de esta actuación es la maquinaria empleada, ya que existían bastantes palmeras en los lindes del cauce por lo que se utilizó una retroexcavadora tipo “araña”, maquinaria bastante cara usada habitualmente en trabajos forestales en zonas de elevada pendiente. Por todo ello el coste resulta bastante elevado.

Coste total :	Superficie:	Coste:
13.727,66 €	12.994 m ²	0,946 €/m ²

4.3.3 Limpieza de la Rambla del Albuñón

En este caso la actuación fue mucho más sencilla al poseer un fácil acceso, realizándose la limpieza mediante un brazo telescópico hidráulico. En esta zona además de cañas, había carrizo y aunque en general la densidad es bastante elevada, había zonas donde ésta era menor por que el coste medio se redujo algo. Dada la amplitud de la rambla, la maquinaria podía circular por el cauce lo cual también supone un abaratamiento de costes.

Coste total :	Superficie:	Coste:
14.987,97 €	97.169,85 m ²	0,154 €/m ²



4.3.4 Actuación en la Rambla de Miranda

En este caso, parecido al anterior, el coste es más bajo porque la densidad del carrizo y de la caña (que en este caso aparecen mezcladas), es bastante menor, se podría situar en torno al 50%.

Coste total :	Superficie:	Coste:
4.692,01 €	45.166,59 m ²	0,1039 €/m ²

4.3.5 Otras actuaciones

A los anteriores hay que añadir la experiencia desarrollada por el Ayuntamiento de Molina de Segura en el paraje del “Soto de la Hijuela” (Figura 24). La remodelación y mejora del área recreativa de este paraje municipal a orillas del Río Segura, muy próximo al centro urbano de la localidad, ha sido realizada por la Concejalía de Medio Ambiente, dentro de su programa de Conservación y Mejora de los Ecosistemas Naturales del Río Segura. El Ayuntamiento de Molina lleva 14 años trabajando en esta iniciativa, centrada en la restauración y mejora del paraje, zona natural de gran interés ecológico y social. Su principal objetivo es recuperar de forma paulatina el bosque de ribera y facilitar su uso por el público, además de promover actividades de educación ambiental, voluntariado y restauración participativa. En lo relativo al uso público, la actuación más reciente incluyó la construcción o reforma de mesas de obra para el recreo y ocio de la población, papeleras, juegos infantiles y una fuente, y la instalación de barreras para impedir el paso de vehículos motorizados.

Por su parte, la recuperación ambiental ha consistido en la plantación de más de 200 árboles autóctonos de 9 especies diferentes, como apoyo a las tareas de restauración del bosque en los alrededores del Río Segura, que lleva a cabo la Confederación Hidrográfica del Segura, y en la que han colaborado las ONGs Ecologistas en Acción (a través de su “Proyecto Nutria”) y ANSE (a través del programa estatal de Voluntariado en Ríos).



Figura 24. Imágenes de la participación de voluntarios en la plantación de especies riparias autóctonas y en el mantenimiento (control del rebrote de caña común) en las zonas restauradas en el paraje del “Soto de la Hijuela” (Molina de Segura, Murcia).

La más reciente plantación ribereña se divide en tres hileras arbóreas: la primera de ellas compuesta por álamos (*Populus alba*), chopos (*Populus nigra*) y tarays (*Tamarix canariensis*); una segunda formada por sauces (*Salix*); y la tercera, más alejada del cauce, constituida por fresnos (*Fraxinus angustifolia*), almeces (*Celtis australis*) y olmos (*Ulmus minor*), además de lianas (*Lonicera biflora*) y diversos arbustos típicos de la Vega Media del Segura, como adelfas (*Nerium oleander*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), aladiernos (*Rhamnus alaternus*), y vites (*Vitex agnus-castus*). A ellos se unen algunos ejemplares de especies cultivadas o forestales (algarrobos, olivos, pinos, labiérnagos) e incluso alguna especie exótica fruto de plantaciones originales que gradualmente se ha intentado reemplazar por especies autóctonas o características del paisaje agrario tradicional.

Uno de los objetivos de las actuaciones realizadas en la zona es dificultar la colonización de especies exóticas invasoras como *Arundo donax* (caña común). La sombra creada por los árboles de ribera impide su crecimiento, lo cual a largo plazo supone un ahorro de costes en las actuaciones cotidianas de control desarrolladas en la Cuenca del Segura. A diferencia de otras actuaciones de control puntuales de muy baja persistencia (como la corta de cañas integrada en el mantenimiento convencional de cauces), o de acciones enérgicas de corta duración, sin mantenimiento posterior (incluyendo revestimientos orgánicos o plantaciones de especies de ribera), el éxito logrado en el Soto de la Hijuela se basa en un esfuerzo constante de mantenimiento, riego, replantación y corta de la caña para favorecer el éxito en el establecimiento y



crecimiento del arbolado autóctono, hasta lograr una formación vegetal capaz de inhibir por sí sola la recolonización de la especie invasora.

4.3.6 Otras cuencas hidrográficas españolas

El mismo protocolo de búsqueda se ha aplicado a otras cuencas hidrográficas del Estado español. Se han obtenido memorias técnicas y otra información documental relativa a dos de ellas (Júcar y Ebro), de proyectos orientados fundamentalmente al control de la caña común (*Arundo donax*). Estas actuaciones también se orientan al control de *Phragmites*, si bien éste suele subsumirse en la limpieza general de cauces, siendo raros los proyectos enfocados específicamente a esta planta. Los proyectos referidos son:

- OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE ARUNDO DONAX PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO ALHAMA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CINTRUÉNIGO, PROVINCIA DE NAVARRA (CH EBRO)
- RESTAURACIÓN INTEGRAL DEL BOSQUE DE RIBERA EN EL TRAMO DEL RÍO EBRO ENTRE TORTOSA Y LA DESEMBOCADURA (CH EBRO)
- OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE *Arundo donax* PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DEL RÍO CANYOLES A SU PASO POR EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (CH JÚCAR)
- OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE *Arundo donax* PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DEL RÍO MIJARES A SU PASO POR EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ESPADILLA, PROVINCIA DE CASTELLÓN (CH JÚCAR)
- RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE MÁRGENES Y RIBERAS EN CAUCES DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO EBRO (ZARAGOZA, HUESCA Y LLEIDA)



- OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE *Phragmites australis* PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DEL BARRANCO DE AGUA AMARGA A SU PASO POR EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALICANTE (Cuenca del Júcar)

Otros antecedentes que hacen referencia a actuaciones similares, de ámbito global o desarrollados en cuencas hidrográficas específicas (presentados al I Congreso Nacional de Restauración Fluvial) son:

- PROYECTO DE I+D+i DE OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE CAÑAVERALES PARA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS RÍOS. X.M. Vilán, F.J. Sánchez, J. García Díaz, J. Jiménez y J.M. García-Guijas. Desde 2009, la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino desarrolla el Proyecto de Investigación, Desarrollo e Innovación, encargando la ejecución a la empresa TRAGSA. Se trata de aplicar baterías de tratamientos con el objetivo de paliar la problemática de la especie. Los métodos ensayados están compuestos por técnicas mecánicas y tratamientos fitosanitarios, acompañados de restauraciones mediante técnicas de bioingeniería. Se han desarrollado en diversos cauces españoles de cinco confederaciones hidrográficas intercomunitarias (CH Miño- Sil, CH Guadiana, CH.Segura, CH Júcar y CH Ebro). Los sistemas más efectivos para el control y erradicación de *A. donax* han sido los que han combinado técnicas mecánicas y físicas. El tratamiento que mayor control ha demostrado sobre la especie ha sido el compuesto por cubriciones con geotextiles y mallas antihierbas biodegradables, una vez extraído el rizoma. El tratamiento mediante cubrición biodegradable es el que presenta menor número de cañas emergentes (rebotes), por lo tanto menor índice de cobertura, además de otras ventajas como la reducción de la evaporación y erosión edáfica, previniendo la aparición de malas hierbas.
- ACTUACIONES DE MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO SERPIS MEDIANTE LA ERRADICACIÓN Y EL CONTROL DE LAS MASAS DE CAÑA COMÚN. P. Delgado, J. Sanfrancisco e I. Terrades. Este poster se refiere al estudio de la erradicación y control de la problemática presencia masiva *Arundo donax* en los cauces mediterráneos y, especialmente, en sus tramos bajos. En concreto, se detallan las actuaciones de erradicación de la caña común en el marco de las actuaciones de defensa y rehabilitación ambiental ejecutadas en la cuenca baja del río



Serpis, consistentes básicamente en: la extracción física del rizoma, la aplicación de herbicidas sistémicos y las plantaciones de especies de ribera autóctonas. Se han estudiado y analizado cada uno de los tratamientos desarrollados con el objetivo de determinar la idoneidad funcional, ambiental y económica de cada uno de ellos, según la problemática detectada en cada una de las zonas de actuación.

- RESPUESTA DE LA PLANTA EXÓTICA INVASORA *Arundo donax* L (CAÑA COMÚN) FRENTE A LA ACCIÓN SISTÉMICA DE DISTINTOS TIPOS DE HERBICIDAS PARA SU CONTROL Y ERRADICACIÓN. J. Jiménez, F.J. Sánchez, J. García Díaz, X.M. Vilán y J. M. García-Guijas.

En este trabajo se exponen el ensayo de una amplia variedad de técnicas, entre ellas el control químico con herbicidas de acción sistémica: azimsulfuron 50% dosis 50 g/ha, penoxulam 2,04% dosis 2 l/ha, cihalofop-butil 20% dosis 1,5 l/ha, profoxidim 20% 0,75 l/ha y glifosato 36% a 8 l/ha, aplicados al rebrote de la planta y durante la fase fenológica de post-dormancia. El dispositivo experimental ha contado con 3 réplicas y un testigo para cada herbicida. Los resultados del control químico transcurridos 42 días, muestran que los herbicidas glifosato 36 % con una dosis de 8 l/ha y profoxidim 20 % con una dosis de 0,75 l/ha, han provocando efectos similares. Ambos herbicidas han producido la reducción de la eficiencia fotosintética de la planta hasta un 50 % con respecto al testigo. Esta disminución provoca la reducción del desarrollo de la especie alterando los procesos fotoquímicos y bioquímicos. Por otro lado, los herbicidas azimsulfuron 50 % dosis 50 g/ha, penoxulam 2,04 % dosis 2 l/ha y cihalofopbutil 20 % dosis 1,5 l/ha no han presentado ningún efecto inhibitor sobre la acción fotosintética no mostrando por tanto ningún síntoma de fitotoxicidad. Estos resultados han facilitado el reestablecimiento e implantación de la vegetación autóctona de ribera, mejorando el hábitat del ecosistema fluvial y la calidad del bosque de ribera.

- ACTUACIONES HIDROMORFOLÓGICAS DE RECUPERACIÓN DE CAUCES Y DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA EN EL RÍO TORDERA EN EL NÚCLEO URBANO DEL MUNICIPIO DE TORDERA. Borrell i Rusalleda, E. Bravo i Barrera, L.Godé Lanao, E. Garcia Burgos, À. Gràcia, J. Verdú y E.Crego.

En el conjunto de actuaciones de gestión y conservación para la recuperación de un tramo del río Tordera se incluyen actuaciones de gestión de la vegetación actual, con especial atención a la aplicación de medidas de erradicación y control de la expansión de la caña



(*Arundo donax*); junto a otras actuaciones complementarias de recuperación del bosque de ribera.

Hasta ahora, básicamente se había gestionado el control de la expansión la caña mediante técnicas diversas: desbroces sucesivos de la parte aérea para castigar su crecimiento, retirada y trituración de rizomas con medios mecánicos, tratamientos con herbicidas o recubrimientos con plásticos para evitar su crecimiento. Algunas de estas técnicas no acaban de ser efectivas por diversos motivos.

Por esta razón se ha incluido una metodología diferenciada de las intervenciones anteriores consistente en reducir al mínimo el volumen de tierras mezcladas con el rizoma. El proceso llevado a cabo consistió en un desbroce inicial de raíces y rizomas, la posterior excavación del terreno hasta donde aparecieran los últimos rizomas y transporte de las tierras excavadas hasta punto de cribado con la finalidad de separar los rizomas y restos de caña mezclados. Finalmente, las tierras eran devueltas al lugar de excavación y únicamente se retiraron fuera del cauce los acopios de rizomas ya separados. Mediante el cribado se consiguió garantizar una total retirada de rizomas y tallos con capacidad de rebrote, dejando las tierras en el mismo ámbito de actuación, minimizando el impacto de extraer un volumen elevado de tierras y minimizando el coste al reducir el residuo a trasladar a planta gestora o lugar de acopio autorizado.

Más tarde, se llevó a cabo un repaso manual de rebrotes de rizomas para garantizar el éxito de la actuación.

Con esta misma finalidad el MARM lanzó posteriormente los programas de I+D+i, (Investigación, desarrollo e innovación) de “Técnicas de bioingeniería para la mejora del estado ecológico y la estabilización de márgenes de los ríos” y “Optimización de los sistemas de eliminación de *Arundo donax* para la mejora del estado ecológico de los ríos”.

- RESTAURACION DEL RÍO CONGOST EN EL T.M. DE LA GARRIGA (BARCELONA). Sorolla, I., A. Salvat, y M. Isnard.

En este trabajo se exponen las actuaciones sobre la caña desarrolladas aplicando diferentes técnicas en función de cómo se encontraba implantada. El primer paso fue el desbroce completo de la parte aérea, que se efectuó durante el mes de septiembre. A continuación, y en función de cada tipología de rodal, se procedió a extraer los rizomas y/o limitar su rebrote.

Además, se procedió también a la eliminación de ejemplares de otras especies exóticas invasoras de porte leñoso (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Robinia pseudoacacia* y *Ulmus pumila*) o las herbáceas de gran tamaño (*Boussingaultia cordifolia*, y *Phytolacca americana*) aplicando un tratamiento interno con herbicida.



También se procedió a la retirada manual de miles de ejemplares de las especies herbáceas exóticas invasoras prioritarias, las cuales se determinaron en función de su peligrosidad sobre el medio fluvial y de la viabilidad de mantener su control. En un primer momento los esfuerzos se centraron sobre *Artemisia annua*, *Mirabilis jalapa*, *Senecio inaequidens* y, puntualmente, *Xanthium spinosum*.

Por otro lado, las actuaciones de revegetación que se realizan han sido diversas como: la revegetación de los taludes afectados por la retirada de escolleras y rebajes de terrenos, la revegetación de los terrenos desnudos resultado de la retirada de rizomas y cepas de especies exóticas invasoras, la plantación de núcleos de expansión de vegetación de ribera autóctona (alameda y aliseda), la plantación de vegetales leñosos de gran porte al margen del camino fluvial con fines ecológicas y paisajísticas y, por último, revegetación de los tramos de escollera no retirada con recubrimiento previo de tierra.

Finalmente, las experiencias de control de la caña común han tenido un protagonismo especial en las recientes jornadas celebradas en Valencia⁸ sobre especies exóticas invasoras. En ellas se realizó un Taller específico sobre el control de *Arundo donax*, incluyendo las siguientes presentaciones:

- CONTROL DE ARUNDO DONAX POR MEDIOS QUÍMICOS Y MECÁNICOS: ANALISIS DE EFICACIA Y COSTES. Vicente Deltoro, Carlos Peña y Aruca Sebastián.

La eliminación de *A. donax* es posible incluso en situaciones de colonización muy intensa mediante utilización de diversos métodos, ya sea químicos (aplicación de herbicidas a base de glifosato) o mecánicos (extracción del rizoma con retroexcavadora o recubrimiento con geotextiles opacos), con los que puede lograrse una eficacia semejante y cercana al 100%. La elección del método más adecuado para cada caso dependerá de factores como las características del medio, su valor ambiental, el tipo de intervención que se prevea realizar, la disponibilidad presupuestaria o la posibilidad de efectuar repasos en años sucesivos. Una segunda conclusión es que mientras que las eficacias que se pueden alcanzar son semejantes, los costes de cada tratamiento y los impactos sobre el medio difieren. El método más económico es el de aplicación de herbicida mediante fumigación a los rebrotes (1,28€/m², incluidos tres repasos) frente a los 21,97€/m² de la extracción del rizoma. Por último, los resultados obtenidos subrayan la importancia de los tratamientos

⁸ Jornadas sobre especies invasoras de ríos y zonas húmedas.
<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=78317&idioma=C>



de repaso que llegan a multiplicar por diez la eficacia del tratamiento inicial y suponen un coste que oscila entre el 10 y el 40% de su importe total. Actuación financiada por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

- **EL CONTROL BIOLÓGICO: UNA SOLUCIÓN PARA EL MANEJO DE LA PLANTA INVASORA ARUNDO DONAX.** Elena Cortés Mendoza y M^a Angeles Marco.

En 2008 mediante un convenio entre el USDA y el Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO) comenzaron una serie de trabajos en Alicante centrados en el estudio de un potencial agente de control biológico de Arundo donax, el diaspídido *R. donacis* con objeto de conocer su impacto sobre esta gramínea. Dichos estudios mostraron una diferencia en peso seco de casi el 50 % al comparar rizomas infestados por *R. donacis* versus rizomas sanos. Otro estudio comparativo sobre el crecimiento de brotes evidenció que los brotes sanos crecieron más y casi dos veces más rápido por día que los infestados. Actualmente, las sueltas de *T. romana* y *R. donacis* en Río Grande, a su paso por la ciudad fronteriza de Del Río (Texas), han sido aceptadas por el Animal & Plant Health Inspection Service (APHIS) Plant Protection and Quarantine (PPQ). El conocimiento de la existencia de estos insectos en sus áreas de distribución nativa, junto a los resultados obtenidos dentro de este plan, puede alentar a investigadores y gestores en nuestra comunidad a considerar el control biológico como estrategia para el manejo de *A. donax*.

- **OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE CAÑAVERALES PARA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DE LOS RÍOS.** Jiménez Ruiz, Jesús, Sánchez Martínez, Fco. Javier, García Díaz, José, Vilán Fragueiro, Xosé Manuel, García-Guijas Redondo, José Manuel y Saiz de la Hoya Zamacola, Alfonso.

Desde 2009, se viene desarrollando por parte de la Dirección General del Agua (MARM) el Proyecto de I+D+i “Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales para Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos”, encargando su ejecución a la empresa pública TRAGSA. Los métodos ensayados están compuestos por técnicas mecánicas, físicas y tratamientos fitosanitarios sistémicos, ambos acompañados de restauraciones fluviales a base de técnicas de bioingeniería. Del análisis preliminar, se obtiene que las técnicas mecánicas y físicas que mejores resultados



ofrecen, son las compuestas por un desbroce previo de la parte aérea de la planta, la extracción de 0,5 m del rizoma y las cubriciones (geotextiles biodegradables). Otra combinación de técnicas con resultados positivos es el desbroce inicial de la parte aérea e inundación de la zona a tratar, de modo que se provoca la asfixia radicular a la especie. Por otra parte, las técnicas basadas en la aplicación de herbicidas sistémicos (Glifosato 36%) a la planta y al rebrote, ofrecen resultados positivos y mejores rendimientos (más económicas) para el control del desarrollo de la vegetación invasora, disminuyendo significativamente la aparición de nuevos rebrotes de *A. donax*.

Otras experiencias o trabajos presentados relevantes para el control de la especie son:

- IN DEFENCE OF THE CONTROL OF INVASIVE AQUATIC MACROPHYTES USING HERBICIDES.
Jonathan Newman & Manuel A. Dueñas.
- BIOCONTROL FOR ALIEN AQUATIC AND RIPARIAN WEEDS IN EUROPE: THE FORGOTTEN ALTERNATIVE.
Richard Shaw.
- MARCO JURÍDICO PARA EL EMPLEO DE AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO Y QUÍMICO PARA LA GESTIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN EL MEDIO CONTINENTAL ACUÁTICO. Ramón Manuel Álvarez Halcón.

4.4 Recopilación de datos ambientales y geográficos de interés para la investigación

Se dispone de alguna información bibliográfica relativa a las características biofísicas del tramo de actuación, referida fundamentalmente a las características edafológicas y de vegetación. Estos datos se consideran representativos, ya que no parece que en los últimos años la zona haya experimentado cambios sustanciales. En el momento de generarse la información que a continuación se expone (mediados de los 80-finales de los 90 del pasado siglo), la situación del cauce podía considerarse muy

similar al estado previo al proyecto de restauración, tal como refleja la serie histórica de fotografías aéreas (1981-2002, Figura 25).



Figura 25. Área de actuación en 1981 (izquierda) y 2002 (derecha). Imágenes de CARTOMUR (<http://www.cartomur.com/visorcartoteca/>).

A lo sumo podrían existir ligeras variaciones en cuanto a la presencia de árboles de ribera, fruto de la regeneración natural y de plantaciones puntuales, pero la impresión es que la mayor parte del cauce ha estado ocupado, durante las tres últimas décadas, por un cañaveral monoespecífico. El frecuente uso deliberado del fuego para el control de la caña ha podido tener el doble efecto de debilitar y suprimir el estrato arbóreo, y reforzar al mismo tiempo la persistencia a largo plazo del cañaveral, capaz de rebrotar fácilmente a partir de su sistema de rizomas tanto después del fuego como de la corta (Rieger & Kreager, 1989; DeBano *et al.*, 1998; Ambrose & Rundel, 2007; Guthrie, 2007).

4.4.1 Conocimiento general del medio físico y la vegetación

El área objeto de intervención y posterior seguimiento es un tramo de 1.800 m de la ribera del río Segura junto a la ciudad de Cieza, cuya situación de partida es una densa formación monoespecífica de *Arundo donax*, con inclusiones puntuales de árboles de ribera (*Populus alba*) y pequeñas manchas de helófitos como el carrizo (*Phragmites australis*) y la enea (*Typha domingensis*) emergentes en zonas someras del propio cauce. Aunque no existe una caracterización florística detallada de la situación previa al inicio de las actuaciones de control, se sabe que se trata de un segmento fluvial



correspondiente fundamentalmente al Sector 3 termomediterráneo, según la sectorización riparia definida por Velasco (2008).

El sector presenta, en general, un estado ecológico aceptable o bueno, ya que carece de encauzamientos de largo recorrido y los caudales circulantes tienden a ser suficientes. Los principales problemas detectados en esta zona son la ocupación del dominio público (particularmente grave en zonas de difícil acceso, y bastante generalizado) y las prácticas agrícolas inadecuadas, entre las que es destacable el empleo masivo de herbicidas hasta el mismo cauce y el empleo de maquinaria pesada sobre las riberas. Esta ruderalización sin duda ha favorecido la proliferación masiva de cañas. Este sector presenta, a pesar de los impactos comentados, un alto potencial de recuperación ecológica.

4.4.2 Caracterización edáfica

Los mapas del Proyecto LUCDEME (Alías y cols., 1986-1997)⁹ proporcionan información georeferenciada (UTM) de perfiles edáficos representativos de la Cuenca del Segura, que pueden ser utilizados como condiciones de referencia para los suelos de origen aluvial por los que discurre el Río Segura. Las Memorias que acompañan estos mapas incluyen información sobre las características de la capa arable (% materia orgánica, pH, carbonatos, granulometría) en diversos puntos de muestreo, y datos de mayor detalle (características macromorfológicas y datos analíticos) de perfiles característicos, desagregados por horizontes.

En concreto, se ha seleccionado como representativos los datos correspondientes a las muestras de coordenadas UTM:

Tipo muestra:	UTM	Distancia a la zona de actuación:
Capa arable	x = 637.500, y = 4.233.600	50 m
Perfil	x = 667.250, y = 4.204.600	4 km

⁹ Hoja de Cieza (891)



Estos datos se incluirán más adelante como valores de referencia, para su comparación con los resultados de los análisis realizados a las muestras obtenidas en el área de estudio (ver apartado 5.5).



5. RESULTADO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

5.1 Caracterización biofísica de las parcelas

En la Tabla 2 se muestran los datos de localización espacial de las parcelas objeto de seguimiento, así como los datos generales de caracterización de la topografía del cauce en cada una de ellas. Las estimas cualitativas de nivel del agua (=caudal) y corriente del río se refieren al periodo de realización del muestreo inicial (abril-septiembre 2010).

TRAMO	PARCELA	UTM INICIO		UTM FIN		ANCH MED (m)	LONG (m)	NIVEL AGUA	CORRIENTE
		X	Y	X	Y				
1	CZ01	637647	4233850	637647	4233814	7,25	33	MEDIO	FUERTE
1	CZ02	637623	4233908	637635	4233879	5,45	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ03	637602	4233938	637623	4233908	9,8	32	MEDIO	FUERTE
1	CZ04	637579	4233964	637602	4233938	7,8	20	MEDIO	FUERTE
1	CZ05	637558	4233487	637579	4233964	5,75	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ06	637666	4233697	637664	4233693	8,65	28	MEDIO	FUERTE
1	CZ07	637669	4233721	637666	4233697	5,6	22	MEDIO	FUERTE
1	CZ08	637662	4233733	637669	4233721	6	19,1	MEDIO	FUERTE
1	CZ09	637660	4233754	637662	4233733	4,1	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ10	637656	4233784	637660	4233754	5,1	28	MEDIO	FUERTE
1	CZ11	637647	4233814	637656	4233784	9,7	27,5	MEDIO	FUERTE
1	CZ12	637635	4233879	637647	4233850	7,55	30	MEDIO	FUERTE
1	CZ13	637507	4234020	637536	4234006	7,25	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ14	637536	4234006	637558	4233487	4,65	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ15	637486	4234037	637507	4234020	8,25	30	MEDIO	FUERTE
1	CZ16	637473	4234063	637486	4234037	7,5	30	MEDIO	FUERTE
1	CZ17	637453	4234095	637473	4234063	4,85	30	MEDIO	FUERTE
1	CZ18	637444	4234116	637453	4234095	3,55	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ19	637427	4234149	637444	4234116	3,85	28	MEDIO	FUERTE
1	CZ20	637417	4234176	637427	4234149	3,85	31	MEDIO	FUERTE
1	CZ21	637408	4234208	637417	4234176	6,55	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ31	637322	4234465	637331	4234439	4,75	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ32	637109	4234560	637126	4234576	5,45	28	MEDIO	FUERTE
2	CZ35	637403	4234235	637408	4234208	3,65	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ36	637399	4234256	637403	4234235	3,8	20	MEDIO	FUERTE
2	CZ37	637393	4234274	637399	4234256	4,1	20	MEDIO	FUERTE
2	CZ38	637385	4234299	637393	4234274	6,15	27	MEDIO	FUERTE
2	CZ39	637372	4234337	637385	4234299	6,55	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ40	637356	4234370	637372	4234337	4,65	30	MEDIO	FUERTE

TRAMO	PARCELA	UTM INICIO		UTM FIN		ANCH MED (m)	LONG (m)	NIVEL AGUA	CORRIENTE
		X	Y	X	Y				
2	CZ41	637331	4234439	637346	4234404	5,75	34	MEDIO	FUERTE
2	CZ42	637346	4234404	637356	4234370	5,2	40	MEDIO	FUERTE
2	CZ43	637308	4234488	637322	4234465	5,4	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ44	637292	4234513	637308	4234488	6	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ45	637268	4234538	637292	4234513	6,25	31	MEDIO	FUERTE
2	CZ46	637252	4234551	637268	4234538	6,25	32	MEDIO	FUERTE
2	CZ47	637218	4234573	637252	4234551	4,8	32	MEDIO	FUERTE
2	CZ48	637195	4234582	637218	4234573	5,55	31	MEDIO	FUERTE
2	CZ49	637180	4234600	637195	4234582	5,15	28	MEDIO	FUERTE
2	CZ50	637153	4234588	637180	4234600	5,1	30	MEDIO	FUERTE
2	CZ69	637140	4234583	637153	4234588	5,85	29	MEDIO	FUERTE
2	CZ70	637126	4234576	637140	4234583	5,7	21	MEDIO	FUERTE
3	CZ33	636650	4234030	636670	4234050	6,9	30	MEDIO	FUERTE
3	CZ34	636632	4234015	636650	4234030	9,3	15,5	MEDIO	FUERTE
3	CZ61	636835	4234160	636855	4234195	8,8	30	BAJO	FUERTE
3	CZ62	636865	4234220	636994	4234487	8,5	38	MEDIO	FUERTE
3	CZ64	636855	4234195	636865	4234220	9	30	BAJO	FUERTE
3	CZ65	636670	4234050	636680	4234070	6,15	20	BAJO	FUERTE
3	CZ66	636680	4234070	636700	4234085	6,85	20	BAJO	FUERTE
3	CZ67	636700	4234085	636710	4234095	7,7	20	BAJO	FUERTE
3	CZ68	636710	4234095	636730	4234110	7,1	20	MEDIO	FUERTE
3	CZ71	637091	4234545	637109	4234560	5,3	30	MEDIO	FUERTE
3	CZ72	637056	4234521	637091	4234545	4,3	29	MEDIO	FUERTE
3	CZ73	637025	4234493	637056	4234521	4,7	29,5	MEDIO	FUERTE
3	CZ74	636750	4234130	636775	4234140	8,8	30	MEDIO	FUERTE
3	CZ75	636730	4234110	636750	4234130	7,2	31	MEDIO	FUERTE
3	CZ76	636805	4234160	636835	4234160	10,95	30	MEDIO	FUERTE
3	CZ77	636775	4234140	636805	4234160	9,65	30	MEDIO	FUERTE
3	CZ78	636994	4234487	637025	4234493	6	33	MEDIO	FUERTE
3	CZ79	636555	4233984	636600	4234000	8,65	34	MEDIO	FUERTE
3	CZ80	636600	4234000	636632	4234015	7,45	31	MEDIO	FUERTE

Tabla 2. Datos de localización espacial y caracterización hidromorfológica de las parcelas objeto de seguimiento (datos de nivel del agua y caudal referidos a la situación media del periodo abril-septiembre de 2010).

5.2 Estado final de los tratamientos efectuados en cada una de las parcelas de estudio

En la Tabla 3 se indica la combinación de tratamientos aplicados en cada parcela, cuya situación aparece reflejada en la Figura 4. En la columna de la izquierda se señala, bajo el epígrafe “Estado/observaciones”, la verificación de la situación del tratamiento (mediante observación directa) al final del periodo de seguimiento:



Parcela	Tratamiento	Tramo	Estado/ observaciones
CZ01	Testigo	1	Bueno
CZ02	Sin retirada+Eria	1	Bueno
CZ03	Sin retirada+Pop	1	Bueno
CZ04	Sin retirada+Tam	1	Bueno
CZ05	Sin retirada+Eria+Pop	1	Bueno
CZ06	Retirada manual	1	Bueno
CZ07	Retirada manual+Manta de esparto-Total	1	Bueno
CZ08	Retirada manual+Manta de esparto-Paralelo	1	Bueno
CZ09	Retirada manual+Manta de esparto-Alterno	1	Bueno
CZ10	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria	1	Bueno
CZ11	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Pop	1	Bueno
CZ12	Retirada mecánica+Tam	1	Bueno
CZ13	Retirada mecánica+Eria+Pop	1	Bueno
CZ14	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria	1	Bueno
CZ15	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Pop	1	Bueno
CZ16	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Tam	1	Bueno
CZ17	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria+Pop	1	Bueno
CZ18	Retirada mecánica+Manta de esparto-Paralelo+Tam	1	Bueno
CZ19	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria+Pop	1	Bueno
CZ20	Retirada mecánica+Manta de esparto-Alterno+Tam	1	Bueno
CZ21	Retirada mecánica+Manta de esparto-Alterno+Eria+Pop	1	Bueno
CZ31	Sin retirada+Eria	2	Bueno
CZ32	Sin retirada+Pop	2	Bueno
CZ35	Retirada manual	2	Bueno
CZ36	Retirada manual+Manta de esparto-Total	2	Bueno
CZ37	Retirada manual+Manta de esparto-Paralelo	2	Bueno
CZ38	Retirada manual+Manta de esparto-Alterno	2	Bueno
CZ39	Retirada mecánica+Eria	2	Bueno
CZ40	Retirada mecánica+Pop	2	Bueno
CZ41	Retirada mecánica+Tam	2	Bueno
CZ42	Retirada mecánica+Eria+Pop	2	Bueno
CZ43	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria	2	Bueno
CZ44	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Pop	2	Bueno
CZ45	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Tam	2	Bueno
CZ46	Retirada mecánica+Manta de esparto-Total+Eria+Pop	2	Bueno
CZ47	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Paralelo+Tam	2	Bueno
CZ48	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Total+Eria+Pop	2	Esparto quemado ¹⁰
CZ49	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Alterno+Tam	2	Bueno
CZ50	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Alterno+Eria+Pop	2	Bueno
CZ69	Retirada Mecanica+Eria	2	Bueno
CZ70	Retirada Mecanica+Pop	2	Bueno
CZ33	Sin Retirada+Tam	3	Quema total
CZ34	Sin Retirada+Eria+Pop	3	Quema total

¹⁰ Detectado en el informe del mes de abril.



Parcela	Tratamiento	Tramo	Estado/ observaciones
CZ61	Sin Retirada+Eria	3	Bueno
CZ62	Sin Retirada+Pop	3	Bueno
CZ65	Retirada Manual	3	Bueno
CZ66	Retirada Manual+Manta de esparto-Total	3	Bueno
CZ67	Retirada Manual+Manta de esparto-Paralelo	3	Quema total
CZ68	Retirada Manual+Manta de esparto-Alterno	3	Quema parcial ¹¹
CZ71	Retirada Mecanica+Tam	3	Bueno
CZ72	Retirada Mecanica+Eria+Pop	3	Bueno
CZ73	Retirada Mecanica+ Manta de esparto-Total+Eria	3	Bueno
CZ74	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Total+Pop	3	Bueno
CZ75	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Total+Tam	3	Quema parcial
CZ76	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Total+Eria+Pop	3	Bueno
CZ77	Retirada Mecanica+Manta de esparto-Paralelo+Tam	3	Bueno
CZ78	Retirada Mecanica+ Manta de esparto-Paralelo+Eria+Pop	3	Bueno
CZ79	Retirada Mecanica+ Manta de esparto-Alterno+Tam	3	Quema total ¹²
CZ80	Retirada Mecanica+ Manta de esparto-Alterno+Eria+Pop	3	Quema total

Tabla 3. Metodología de control aplicada en cada parcela y estado de la misma durante el periodo cubierto por el informe.

Hasta el mes de enero, la verificación de las actuaciones indicaba que prácticamente en ninguna de ellas se han producido alteraciones o incidencias que pudieran modificar la eficacia de los tratamientos (y por lo tanto comprometer el desarrollo del experimento). El único caso conocido de perturbación precedente (incendio) se ha seguido reflejando a efectos puramente informativos.

Sin embargo, pocos días antes del último muestreo del mes de febrero hasta siete parcelas se vieron afectadas total o parcialmente por un incendio, sufriendo un cambio drástico en las condiciones de recuperación, lo cual impidió realizar la toma de datos de vegetación en ellas.

Afortunadamente el citado incendio se produjo al final del periodo de seguimiento. Conociendo respuesta de la caña común al fuego (Rieger & Kreager, 1989; DeBano *et al.*, 1998; Guthrie, 2007), esta perturbación no puede sino reforzar la persistencia a largo plazo de la especie problema.

¹¹ Afectada parcialmente por incendio desencadenado en margen opuesta (ver "Datos adicionales e incidencias registradas")

¹² Afectada de forma total por incendio desencadenado en margen opuesta (ver "Datos adicionales e incidencias registradas")

5.3 Resultados del muestreo de vegetación

La descripción de la respuesta de la especie problema a los tratamientos aplicados se ha organizado bajo distintos epígrafes en los que se desarrolla, en primer lugar, la respuesta a corto plazo de la densidad de tallos (durante 6 meses), fase que culmina en el **informe inicial** que precede al inicio del seguimiento propiamente dicho; seguidamente se expone la variación de la densidad a medio plazo (**seguimiento propiamente dicho**, de 11 meses de duración).

5.3.1 Respuesta inicial de la densidad de *Arundo donax* a los tratamientos aplicados

La figura 26 resume la situación de la densidad de *Arundo donax* al final del periodo de seguimiento inicial (septiembre de 2010). Se asume que en este momento todavía no se había producido o no era significativa la emergencia de *Phragmites australis*. La Tabla 4 muestra la evolución de los valores de densidad por bloques de tratamientos (combinando tipo de retirada de rizoma y tipo de revestimiento). Los valores de eficacia (porcentajes de reducción con respecto a zonas no tratadas) varían entre el 13,2% de las parcelas sin retirada y el 71,4% de ciertos tratamientos de retirada mecánica, siendo los valores medios de reducción 50,8 (retirada manual) y 63,6 (mecánica).

En este momento la mayoría de tratamientos que incluyen retirada del rizoma (mecánica o manual) muestran valores centrales de densidad de caña inferiores al 50% de los de las zonas no tratadas ($37,50 \pm 1,12$ tallos/m²), si bien apenas existen diferencias salvo entre las muestras con biorrollo, donde prácticamente no hay rebrote de caña, y las restantes.

Comparando los incrementos registrados en la densidad de caña (en tallos/m²) entre abril y septiembre de 2010, se detectan diferencias significativas entre tipos de retirada de rizoma (Test de KRUSKAL-WALLIS, $p < 0,001$), siendo el sentido de la comparación retirada manual o mecánica < sin retirada (Figura 27).

Trat.:	Extrac. rizoma	Manta esparto	Estad.	Densidad (tallos/m ²)						EFICACIA +6 m (%)
				abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	
Ma y Alt	Manual	Alternativa	Media	10,00	27,11	19,08	19,54	20,62	21,08	43,79
			Var	328,89	354,93	363,91	371,62	377,21	370,63	
			SE	3,43	4,44	3,74	3,78	3,81	3,78	
Ma y NO	Manual	No	Media	4,86	12,00	13,23	15,54	15,69	16,31	56,51
			Var	105,90	135,53	164,82	201,38	203,42	195,74	
			SE	1,94	2,74	2,52	2,78	2,80	2,74	
Ma y Par	Manual	Paralela	Media	5,14	14,89	14,31	17,08	19,38	20,00	46,67
			Var	106,50	182,22	178,14	234,95	222,23	215,04	
			SE	1,95	3,18	2,62	3,01	2,92	2,88	
Ma y Tot	Manual	Total	Media	7,23	9,78	11,54	14,46	16,15	16,31	56,51
			Var	122,90	83,24	123,30	139,62	108,14	106,14	
			SE	2,17	2,15	2,18	2,32	2,04	2,02	
Me y Alt	Mec.	Alternativa	Media	3,60	10,07	11,66	12,28	14,55	14,83	60,45
			Var	53,17	136,00	154,55	153,75	136,81	136,99	
			SE	1,04	1,53	1,63	1,63	1,54	1,54	
Me y NO	Mec.	No	Media	15,40	12,95	14,10	14,05	15,60	15,95	57,47
			Var	446,18	186,02	194,42	184,30	180,09	180,45	
			SE	2,11	1,52	1,56	1,52	1,50	1,50	
Me y Par	Mec.	Paralela	Media	4,90	7,80	7,90	7,90	10,00	10,70	71,47
			Var	72,61	95,14	101,32	118,55	110,77	111,09	
			SE	1,35	1,54	1,59	1,72	1,66	1,67	
Me y Tot	Mec.	Total	Media	7,04	11,20	10,58	11,05	12,65	13,08	65,12
			Var	165,73	146,69	143,97	144,00	145,08	141,83	
			SE	1,05	1,02	0,95	0,95	0,95	0,94	
NO y NO	No	No	Media	12,83	29,35	27,33	31,32	32,47	32,58	13,12
			Var	246,56	252,23	253,76	200,84	190,13	188,79	
			SE	1,43	1,66	1,53	1,30	1,27	1,26	
							Media	Manual	50,87	
							Media	Mecánica	63,63	

Tabla 4. Evolución de los valores de densidad por bloques de tratamientos (combinando tipo de retirada de rizoma y tipo de revestimiento) durante los seis meses de seguimiento inicial (Ma=manual; Me=mecánica; NO=sin retirada). Se omiten los datos correspondientes a las muestras tomadas en las zonas cubiertas con biorrollo (banda litoral inmediata al cauce). Se presentan los valores medios mensuales y sus estadísticos de dispersión, así como los valores finales de eficacia expresados como el porcentaje de reducción de la densidad registrada en las parcelas no tratadas de la margen opuesta.

Densidad de tallos por tipo de tratamiento. Septiembre

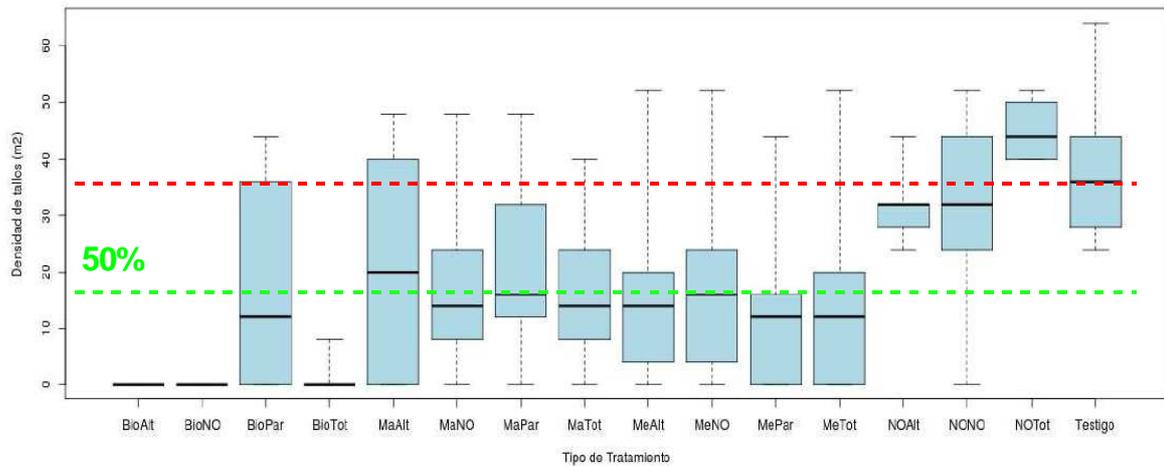


Figura 26. Diferencias en la densidad de tallos de caña común entre las distintas combinaciones de tratamientos en septiembre de 2010. Se designan mediante la combinación del tipo de retirada de rizoma (Ma=manual; Me=mecánica; NO=sin retirada) y el tipo de revestimiento con manta de esparto (Par=paralelo; Tot=total; Alt=alterno; NO=sin revestimiento). “Bio” es la etiqueta que corresponde a las muestras obtenidas en la primera banda litoral tratada con este tipo de revestimiento, indicándose también el tipo de revestimiento aplicado al resto del talud ripario. “NONO” hace referencia en este caso a la parcela CZ01 (sólo corta) y “Testigo” a las muestras obtenidas en la margen opuesta (no tratada), indicándose también el valor correspondiente al 50% de su valor central.

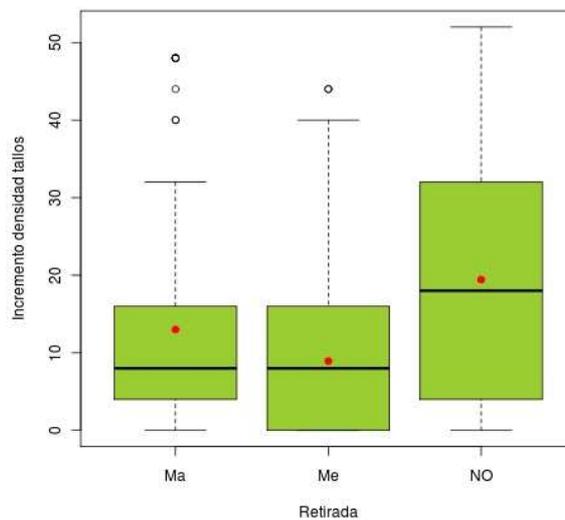


Figura 27. Comparación gráfica de los incrementos de densidad registrados entre abril y septiembre de 2010 entre tipos de retirada del rizoma (Ma=manual; Me=mecánica; NO=sin retirada. El gráfico (boxplot) representa la media, rango y cuartiles; los puntos rojos corresponden a los valores medios.

A lo largo de este periodo, la reducción en la densidad de caña con respecto al margen izquierdo (no tratado) apenas muestra diferencias entre tipos de tratamiento del rizoma (retirada manual vs mecánica). Con el paso del tiempo, en ausencia de tratamientos de refuerzo, todas las parcelas parecen tender a estabilizarse en niveles de

densidad de caña similares (aunque todavía menores que los del margen contrario). Dado que los valores de reducción de densidad siguen una distribución normal, se ha podido utilizar el análisis de la varianza para la detección de diferencias significativas entre bloques de tratamientos para un mismo factor (Tabla 5). Se observan diferencias globales en función del tipo de retirada de rizoma y de la aplicación de revestimientos, si bien en el primer caso las comparaciones *post-hoc* (mediante el Test de Tukey) sólo detectan diferencias significativas entre las parcelas de retirada mecánica y las de no retirada.

Variable	Efecto/comparación	P (n.s.)	Prueba
Plantación	Global	0,3022	ANOVA
Extracción del rizoma	Global	0,0385 *	ANOVA
Tipo de retirada	Mecánica vs Manual	0,6965	Test de Tukey
Tipo de retirada	Mecánica vs Sin retirada	0,0297*	Test de Tukey
Tipo de retirada	Manual vs Sin retirada	0,2919	Test de Tukey
Revestimiento (esparto)	SI/NO	0,0292 *	ANOVA

(*) P < 0,05

Tabla 5. Comparación entre bloques de tratamientos para diferentes factores incluidos en el diseño de las actuaciones de control.

En la evaluación del efecto del revestimiento con manta de esparto sobre el incremento de densidad, mediante pruebas pareadas entre diferentes patrones de colocación (Test de Kruskal-Wallis; Tabla 6 y figura 28), no se detectan diferencias significativas entre los patrones (total, alterno o paralelo), pero sí en dos comparaciones entre no recubrimiento y recubrimiento total ($p < 0,0001$), y entre no recubrimiento y recubrimiento alterno ($p < 0,05$).

Relación	P-value	Chi-square (χ^2)
Alt-Par	0.9035	0.0147
Alt-Tot	0.1202	24.146
Alt-NO	0.03108*	46.483
Par-Tot	0.09572	27.755
Par-NO	0.0634	34.462
Tot-NO	1.46×10^{-6} ***	23.2

(*) P < 0,05; (***) P < 0,0001

Tabla 6. Comparación entre bloques de tratamientos para diferentes factores incluidos en el diseño de las actuaciones de control.

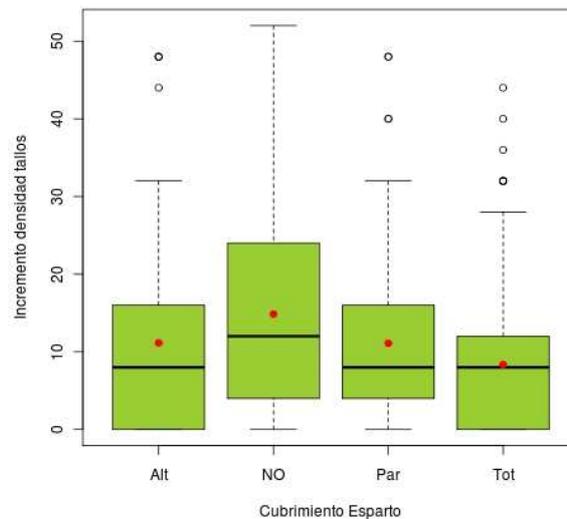


Figura 28. Comparación gráfica entre bloques de tratamientos según el tipo de revestimiento (manta de esparto) aplicado.

5.3.2 Respuesta a medio plazo de la densidad de *Arundo donax* a los tratamientos aplicados

En las figuras 29 a 31 se muestra la variación de la densidad media por tipo de tratamiento, calculada a partir de las muestras obtenidas durante los once meses del seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012; Anexo 1). Se presentan agrupados los resultados de todas las parcelas con un mismo tipo de tratamiento de extracción del rizoma (diferenciadas a su vez entre sí por tipo de biomaterial de revestimiento).

La serie de datos se inicia con una situación en la que, tras el tratamiento de refuerzo que supone la corta generalizada de la caña (ver apartado 3.5), la mayoría de tratamientos exhiben una densidad muy baja (Tabla 7). Las reducciones con respecto a la margen opuesta alcanzan en ese momento valores entre 81-88% en los tratamientos con retirada mecánica, 78-86% en los que incluyen retirada manual, y 71% en las parcelas sin retirada (mientras que la parcela testigo se mantiene en un 56,2% de reducción).

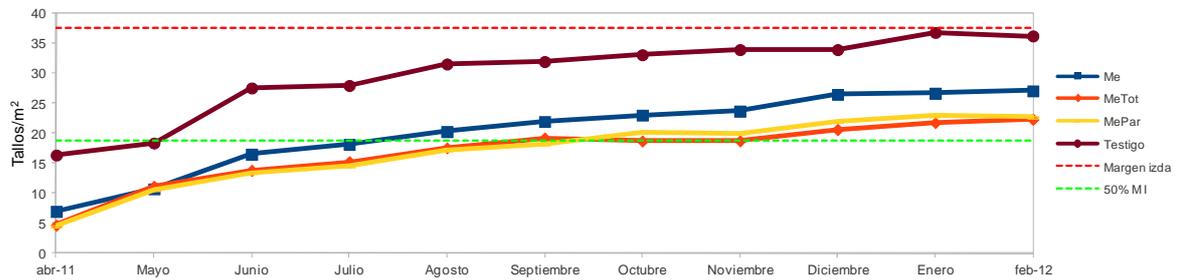


Figura 29. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas con tratamiento de retirada manual del rizoma, durante el periodo por el seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012). Se representa también la densidad media de la parcela testigo (CZ01) y la correspondiente al muestreo inicial realizado en las parcelas control de la margen izquierda, que no recibieron ningún tipo de tratamiento durante todo el periodo estudiado, así como la mitad de dicho valor, equivalente a una eficacia del 50% en el control de la especie problema. Me=retirada mecánica (sin revestimiento); Me Tot=idem+revestimiento total de esparto; Me Par=idem+revestimiento paralelo de esparto.

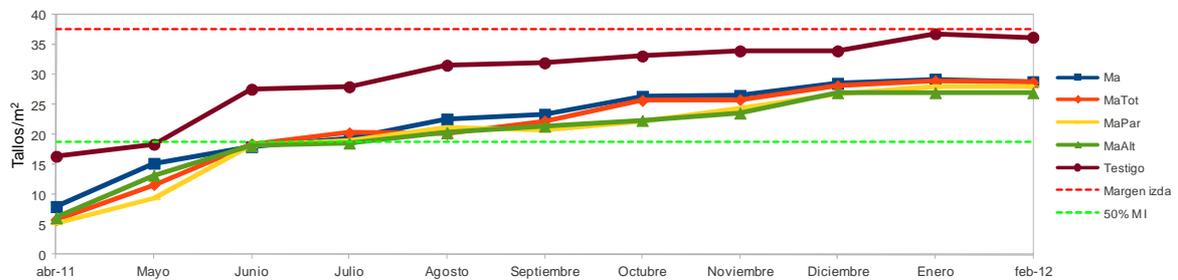


Figura 30. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas con tratamiento de retirada mecánica del rizoma, durante el periodo de seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012). Se representa también la densidad media de la parcela testigo (CZ01) y la correspondiente al muestreo inicial realizado en las parcelas control de la margen izquierda (y su mitad). Ma=retirada manual (sin revestimiento); Ma Tot=idem+revestimiento total de esparto; Ma Par=idem+revestimiento paralelo de esparto; Ma Alt=idem+revestimiento alterno de esparto.

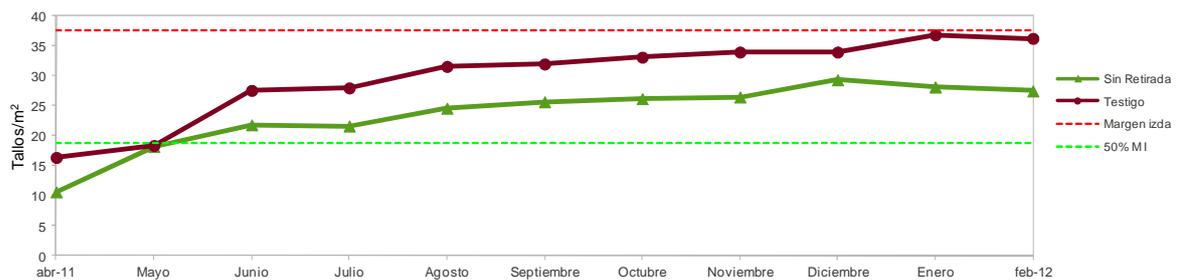


Figura 31. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas sin retirada mecánica del rizoma, durante el periodo de seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012). Se representa también la densidad media de la parcela testigo (CZ01) y la correspondiente al muestreo inicial realizado en las parcelas control de la margen izquierda (y su mitad).

Tratamiento (tipo retirada y revestimiento)	Eficacia +13 meses	SE	Eficacia +18 meses	SE	Eficacia +23 meses	SE
Testigo	56,27	1,28	14,67	0,15	3,24	0,03
Manual sin revestimiento	78,67	1,58	37,52	0,57	23,05	0,33
Manual + Manta esparto total	84,41	1,22	40,57	0,61	23,36	0,29
Manual + Manta esparto paralela	86,05	0,85	44,76	0,67	25,33	0,35
Manual+ Manta esparto alterna	83,59	0,98	42,86	0,81	28,00	0,68
Mecánica sin revestimiento	81,33	0,52	41,33	0,38	27,70	0,26
Mecánica + Manta esparto total	87,47	0,45	48,73	0,38	40,35	0,36
Mecánica + Manta esparto paralela	88,00	0,86	51,47	0,76	39,47	0,73
Mecánica + Manta esparto alterna	77,01	0,88	43,36	0,53	33,75	0,44
Sin retirada	71,59	0,59	31,47	0,22	26,65	0,24

Tabla 7. Eficacias medias de las distintas combinaciones de tratamientos de extracción del rizoma y revestimiento (manta orgánica), expresados como % de reducción de la densidad de tallos con respecto a la media de las muestras obtenidas en la ribera no tratada ($37,50 \pm 1,12$ tallos/m²).

Cinco meses después (septiembre 2011), la eficacia ha caído a la mitad, con reducciones entre el 41-51% en las parcelas con retirada mecánica, 37-44% en las de retirada manual, y 31 y 14%, respectivamente, en aquéllas sin retirada y testigo. Al final del periodo de seguimiento estos porcentajes se sitúan entre el 27-40% (parcelas con retirada mecánica), el 23-28% (retirada manual), 26 y 3% (sin retirada y testigo)¹³. Transcurridos 23 meses desde la aplicación de los tratamientos, los valores inferiores de las horquillas para los dos primeros bloques (mecánico y manual) se sitúan muy cerca (o incluso claramente por debajo) del valor medio de las parcelas sin retirada, lo cual indicaría que el efecto de la retirada de rizoma ha sido transitorio, bien porque ésta no ha sido todo lo eficaz que se esperaba, o porque se ha producido una recolonización posterior a partir de propágulos llegados posteriormente a la zona desde los márgenes de las parcelas o transportados por la corriente fluvial.



A lo largo de estos once meses, las diferencias entre bloques de tratamientos dentro del mismo tipo de retirada del rizoma son muy escasas. Tan sólo dentro del bloque de tratamientos mecánicos se aprecia una mayor eficacia de control (en torno al 40%) en los que incluyen revestimiento con manta de esparto (total o paralela).

Sea cual sea el origen de los rebrotes de caña registrados (persistencia de rizomas no extraídos o llegada de nuevos propágulos), la escasa competencia ejercida por las especies plantadas y especialmente la práctica total ausencia de sombreado por los ejemplares arbóreos repoblados son suficientes para explicar la recuperación de la caña común.

En una evaluación llevada a cabo en el mes de septiembre de 2011 (un año después de la que se ha presentado en el apartado anterior), al comparar el incremento de la densidad (con respecto al valor de abril precedente) entre tipos de retirada del rizoma mediante pruebas no paramétricas pareadas (test de Kruskal-Wallis), no se detectan diferencias significativas (Tabla 8; Figura 32).

Tipo de retirada	Relación	P-value	Chi-square (χ^2)
Manual	Manual - Mecánica	0,1525	2,0469
Mecánica	Manual – Sin retirada	0,3256	0,9662
Sin retirada	Mecánica – Sin retirada	0,6275	0,2354

Tabla 8. Comparaciones pareadas del incremento de la densidad (desde abril hasta septiembre de 2011) entre tipos de retirada del rizoma (test de Kruskal-Wallis).

En cuanto a los patrones de recubrimiento, no se detectan diferencias significativas en ninguna de las comparaciones pareadas posibles (Tabla 9; Figura 33), a diferencia de lo que ocurría a lo largo del periodo equivalente del seguimiento inicial.

Comparación	P-value	Chi-square (χ^2)
Alt-Par	0,5073	0,4397
Alt-Tot	0,3707	0,8013
Alt-NO	0,1881	1,7326
Par-Tot	0,907	0,0137

¹³ Ver en cualquier caso comentarios sobre la presencia de *Phragmites australis* en el apartado correspondiente.

Comparación	P-value	Chi-square (χ^2)
Par-NO	0,7057	0,1426
Tot-NO	0,552	0,3538

Tabla 9. Comparaciones pareadas del incremento de densidad (abril-septiembre de 2011) entre tipos de recubrimiento con esparto (test de Kruskal-Wallis). Alt=alterno; Tot=total; Par=paralelo; NO=sin revestimiento.

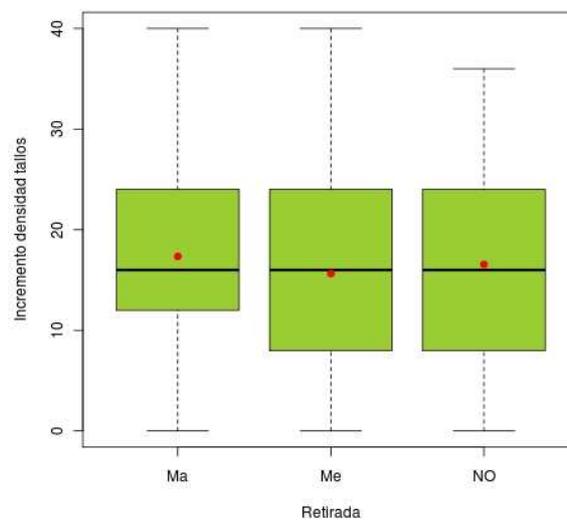


Figura 32. Comparación gráfica (boxplot) del incremento de la densidad (desde abril hasta septiembre de 2011) entre tipos de retirada del rizoma (Ma=manual; Me=mecánico; NO=sin retirada). Los puntos rojos son los valores medios para cada tipo.

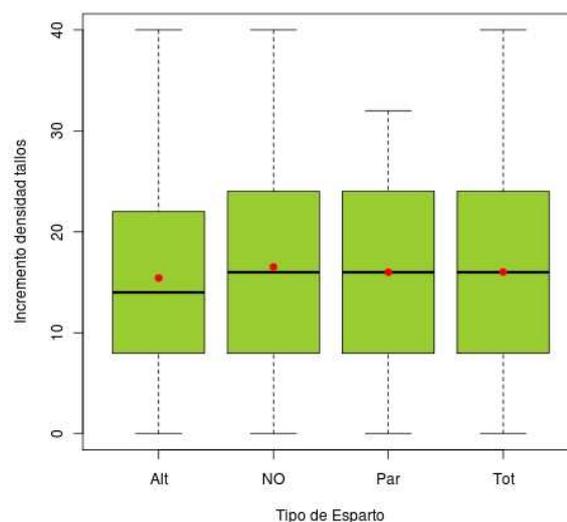


Figura 33. Comparación gráfica (boxplot) del incremento de la densidad (desde abril hasta septiembre de 2011) entre tipos de revestimiento con manta de esparto (Alt=alterno; Par=paralelo; Tot=total; NO=sin revestimiento). Los puntos rojos son los valores medios para cada tipo.

Finalmente, se ha realizado una comparación mediante pruebas no paramétricas pareadas, de la eficacia neta (reducción porcentual con respecto a la densidad de las parcelas no tratadas de la margen opuesta), para los tres factores implicados en el diseño (tipo de retirada, tipo de revestimiento y plantación). Para el último se han considerado las combinaciones empleadas de las tres especies utilizadas (*Populus alba*, *Erianthus ravennae*, *Tamarix canariensis*).

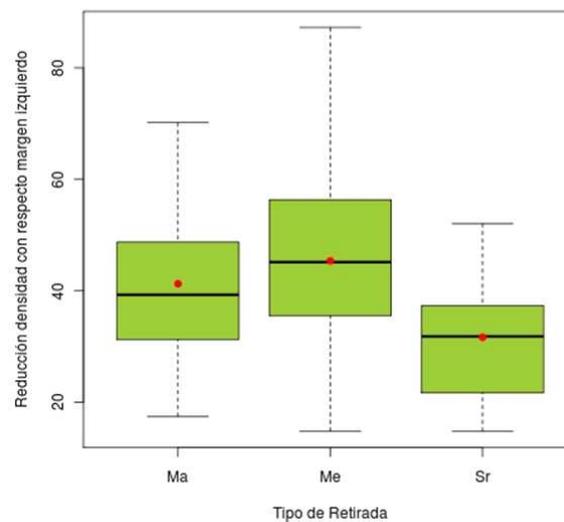


Figura 34. Comparación gráfica (boxplot) de la eficacia (% de reducción de la densidad con respecto a parcelas no tratadas), en septiembre de 2011, entre tipos extracción del rizoma.

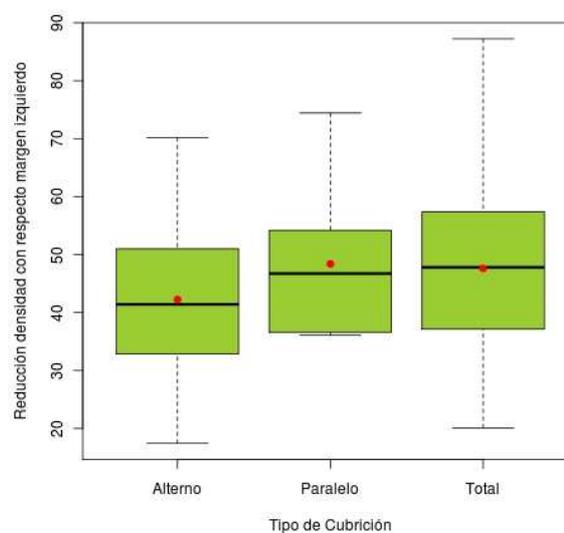


Figura 35. Comparación gráfica (boxplot) de la eficacia (% de reducción de la densidad con respecto a parcelas no tratadas), en septiembre de 2011, entre disposiciones del revestimiento (manta de esparto).

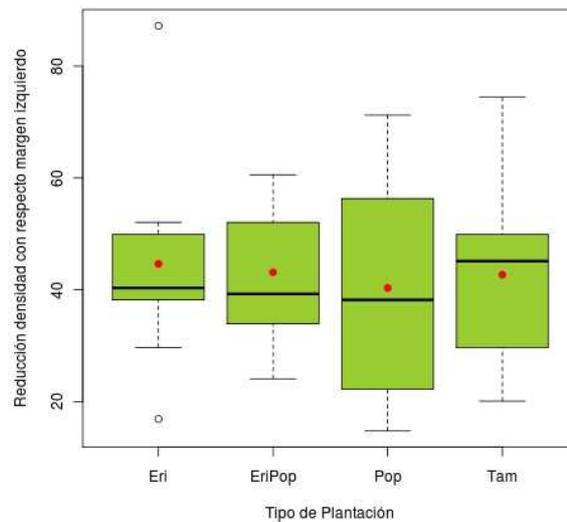


Figura 36. Comparación gráfica (boxplot) de la eficacia (% de reducción de la densidad con respecto a parcelas no tratadas), en septiembre de 2011, entre tipos de plantación (combinaciones de especies).

Los resultados (Figuras 34 a 36) indican la ausencia de diferencias significativas entre patrones de revestimiento y plantaciones, que sí se presentan entre tipos de retirada del rizoma, siendo la extracción mecánica más eficaz que la manual, y ambos tipos más que la ausencia de retirada ($p < 0,05$; Test de Kruskal-Wallis).

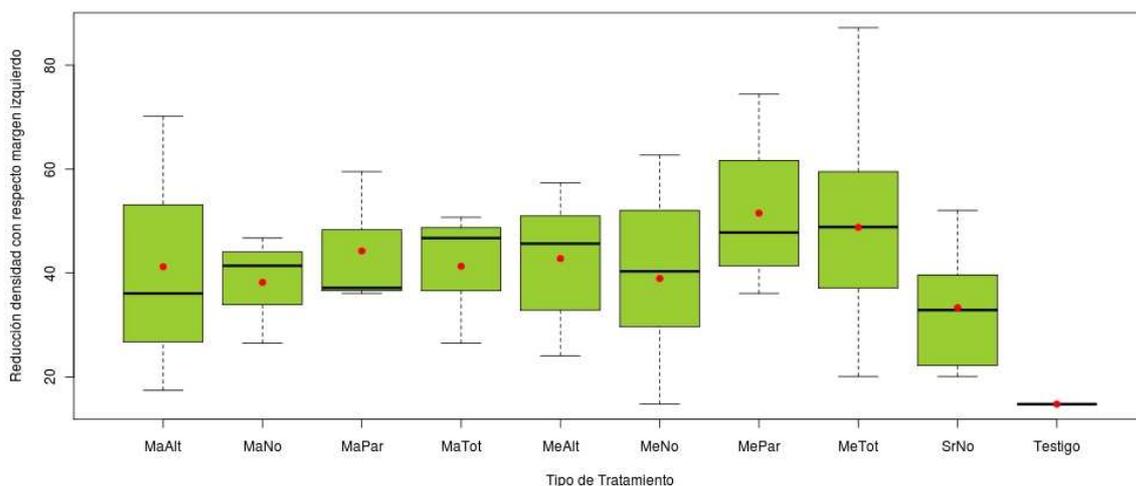


Figura 37. Comparación gráfica (boxplot) de la eficacia global (% de reducción de la densidad con respecto a parcelas no tratadas), en septiembre de 2011, entre combinaciones de tratamientos (Extracción del rizoma: Ma=manual; Me=mecánica; Sr=sin retirada; Revestimiento: Tot=total; Par=paralelo; Al=alterno).

Finalmente, la comparación global entre combinaciones de tratamientos (incluyendo el tipo de extracción y el patrón de revestimiento (figura 37), revela la ausencia de diferencias significativas entre ellos, resultante de la gradual confluencia en valores que ya se sitúan en todos los casos por debajo del 50% de eficacia reductora.

5.3.3 Presencia de *Phragmites australis*

A partir de septiembre de 2011 se ha podido diferenciar la presencia conjunta de *Arundo donax* y *Phragmites australis* en las parcelas tratadas. En la tabla 10 se presentan los datos de abundancia relativa de ambas especies, y en la figura 38, la comparación de la proporción de *Phragmites* entre bloques de tratamientos.

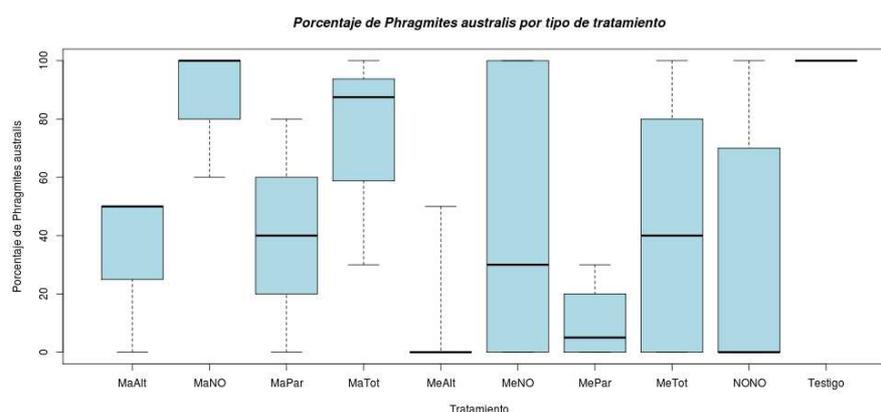


Figura 38. Comparación de la proporción de carrizo (*Phragmites australis*) entre bloques de tratamientos.

La impresión inicial es que *Phragmites* estaba competitivamente limitada por la ocupación del espacio por parte de *Arundo* (Paracuellos, 2001; McGaugh *et al.*, 2006; Guthrie, 2007), de manera que la eliminación de esta última habría permitido a aquella expandirse.

Código parcela	% <i>Arundo donax</i>	% <i>Phragmites australis</i>
CZ65	0	100
CZ66	12,5	87,5
CZ67	100	0
CZ68	100	0
CZ38	50	50
CZ37	20	80
CZ36	0	100



Código parcela	% Arundo donax	% Phragmites australis
CZ35	0	100
CZ09	50	50
CZ08	60	40
CZ07	70	30
CZ06	40	60
CZ79	100	0
CZ80	100	0
CZ75	60	40
CZ74	60	40
CZ77	100	0
CZ76	100	0
CZ78	90	10
CZ73	100	0
CZ72	100	0
CZ71	100	0
CZ70	70	30
CZ69	100	0
CZ50	100	0
CZ49	100	0
CZ48	40	60
CZ47	70	30
CZ46	0	100
CZ45	50	50
CZ44	70	30
CZ43	100	0
CZ41	70	30
CZ42	100	0
CZ40	0	100
CZ39	0	100
CZ21	50	50
CZ20	100	0
CZ19	0	100
CZ18	100	0
CZ17	100	0
CZ16	50	50
CZ15	0	100
CZ13	0	100
CZ14	0	100
CZ12	0	100
CZ11	0	100
CZ10	100	0
CZ34	100	0
CZ33	60	40
CZ61	100	0
CZ62	100	0
CZ32	100	0
CZ31	100	0

Código parcela	% Arundo donax	% Phragmites australis
CZ05	0	100
CZ04	0	100
CZ03	70	30
CZ02	100	0
CZ01	0	100

Tabla 10. Proporción de carrizo (*Phragmites australis*) y caña común (*Arundo donax*) en las diferentes parcelas (porcentajes basados en la estima visual sobre las unidades de muestreo con precisión del 10%).

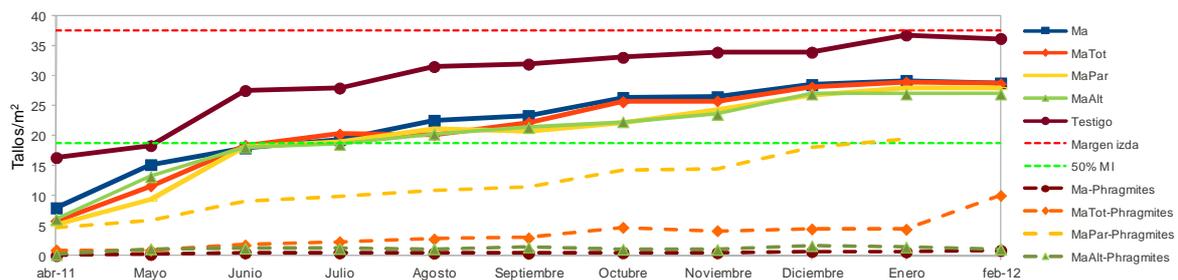


Figura 39. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas con tratamiento de retirada manual del rizoma, durante el periodo por el seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012), una vez corregida para descontar la proporción de tallos correspondiente a carrizo. Me=retirada mecánica (sin revestimiento); Me Tot=idem+revestimiento total de esparto; Me Par=idem+revestimiento paralelo de esparto.

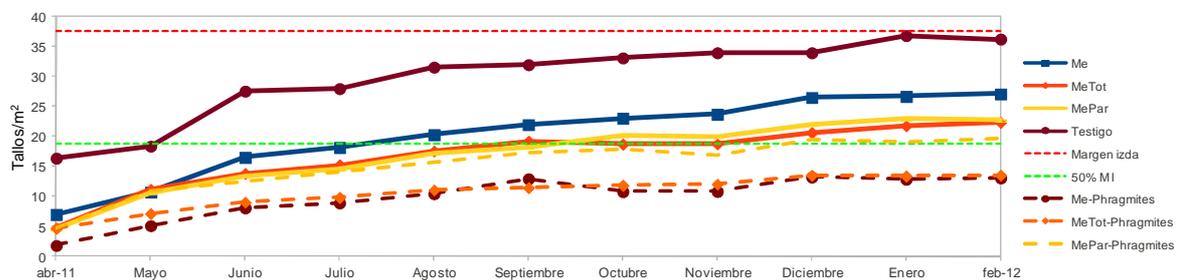


Figura 40. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas con tratamiento de retirada mecánica del rizoma, durante el periodo de seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012), una vez corregida para descontar la proporción de tallos correspondiente a carrizo. Ma=retirada manual (sin revestimiento); Ma Tot=idem+revestimiento total de esparto; Ma Par=idem+revestimiento paralelo de esparto; Ma Alt=idem+revestimiento alterno de esparto.

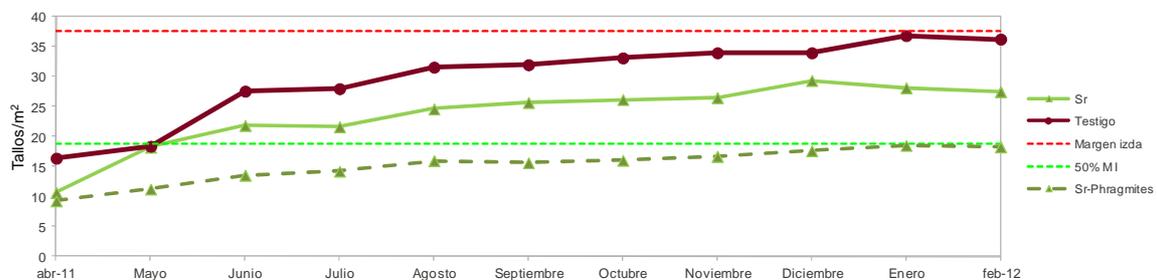


Figura 41. Variación de la densidad media de caña (tallos/m²) en las parcelas sin retirada mecánica del rizoma, durante el periodo de seguimiento propiamente dicho (abril 2011-febrero 2012), una vez corregida para descontar la proporción de tallos correspondiente a carrizo.



En las figuras 39 a 41 se ha representado la densidad corregida de *Arundo donax* por tipo de tratamiento, una vez deducido el número de tallos por unidad de muestreo correspondiente a *Phragmites australis*, conforme a la estima realizada en el mes de septiembre (proyectada hacia atrás hasta el inicio del seguimiento propiamente dicho). Se observa un incremento notable de la eficacia, en todos los casos igual o superior al 50% frente a la de las zonas no tratadas.

El incremento de eficacia es especialmente notable en los tratamientos de retirada manual, en los cuáles la sustitución de la caña por carrizo llega a ser en promedio casi total. Le siguen las parcelas con tratamiento mecánico, donde la aparición de carrizo es importante pero no llega a desplazar totalmente a la caña, y las parcelas sin retirada de rizoma, en las cuáles una vez descontada la contribución del carrizo, la caña común se sitúa en valores de densidad equivalentes al 50% de la ribera no tratada.

La aparición de *Phragmites australis*, cuya contribución a la densidad total de tallos puede alcanzar el 100% en algunas muestras, obliga a reevaluar la eficacia de los tratamientos en lo que se refiere específicamente a la lucha contra la caña común. Descontando la parte de dicha densidad que corresponde a la especie autóctona, los porcentajes de reducción obtenidos con respecto a la densidad de la especie invasora en las formaciones monoespecíficas que caracterizaban previamente la zona son en realidad bastante superiores. La tabla 11 resume ese incremento de eficacia de los tratamientos con respecto a *Arundo*.

La sustitución de una parte del cañaveral por carrizal supone a efectos prácticos una mayor reducción neta de la densidad de *Arundo*, pero además puede tener un cierto interés ecológico. Los carrizales constituyen importantes reservorios de diversidad biológica, pese a que su simplicidad estructural y la dominancia específica del carrizo restringen su interés principalmente a los invertebrados y a las aves (Meyerson *et al.*, 2000; Sinassamy & Mauchamp, 2002).

En ambientes riparios, a la importancia que tiene el carrizal como hábitat de invertebrados y aves, se añade un valor adicional para otros vertebrados (peces, anfibios,

reptiles y mamíferos) que pueden beneficiarse de la protección directa o indirecta que brindan las formaciones de carrizal (Peiró, 2006).

Arundo donax+Phragmites australis			
Tratamiento mecánico	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Me	81,33	41,33	27,70
Me-tot	87,47	48,73	40,35
Me-par	88,00	51,47	39,47
Tratamiento manual	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Ma	78,67	37,52	23,05
Ma-tot	84,41	40,57	23,36
Ma-par	86,05	44,76	25,33
Ma-alt	83,59	42,86	28,00
Sin retirada	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Sr	71,60	31,47	26,65
Sólo Arundo donax			
Tratamiento mecánico	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Me	95,13	65,44	65,03
Me-tot	87,38	69,41	63,81
Me-par	87,47	53,65	47,57
Tratamiento manual	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Ma	99,88	98,79	97,57
Ma-tot	97,44	91,98	73,12
Ma-par	87,59	69,19	69,66
Ma-alt	99,45	96,08	96,99
Sin retirada	Eficacia +13 meses	Eficacia+18 m	Eficacia +23 m
Sr	75,29	58,26	51,20
Testigo	56,27	14,67	1,87

Tabla 11. Reevaluación de la eficacia de los principales bloques de tratamientos considerando la densidad remanente total de poáceas (Arundo+Phragmites) y exclusivamente la de Arundo.

Aun considerando que, bajo las condiciones que se dan en estas riberas fuertemente perturbadas, el carrizo puede tener un comportamiento invasor, su presencia supone una cierta mejora, al incorporar al ecosistema de ribera una nueva formación

vegetal (incrementando la diversidad de hábitats), que además se diferencia del cañaveral monoespecífico por sustentar una mayor biodiversidad asociada (Paracuellos, 1997).

5.3.4 Variación de la cobertura de herbáceas acompañantes

Las figuras 42 a 44 reflejan la evolución, por bloques de tratamientos, de la cobertura de especies herbáceas acompañantes a lo largo del periodo de seguimiento propiamente dicho (Anexo 2). Todos muestran un patrón globalmente similar, aunque hay mayores diferencias internas dentro del bloque de tratamientos manuales.

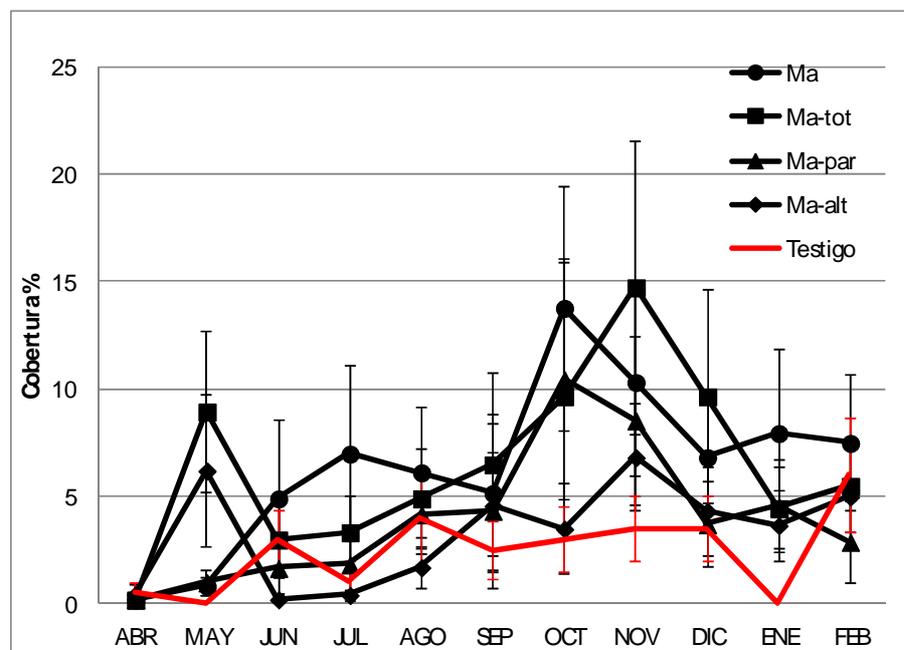


Figura 42. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes por tipo de tratamiento, dentro de los que incluyen retirada manual del rizoma. Se incluye también el valor medio de la parcela testigo (CZ01).

La pauta general muestra dos máximos de cobertura, en primavera (mayo) y otoño (octubre-noviembre), que se aprecian en todos los bloques de tratamientos excepto en la parcela testigo. El máximo otoñal (15-20%) suele ser superior al primaveral, de manera que el mejor ajuste de la variación temporal es una función polinómica (figura 45).

Parece que, con independencia del tratamiento aplicado, la dinámica de las especies acompañantes refleja su propio patrón fenológico de desarrollo, si bien la

variabilidad explicada por el modelo estrictamente temporal es bastante baja. En consonancia con lo anterior, no parece existir ninguna relación entre la cobertura de herbáceas y la densidad de caña, analizada globalmente (Figura 46).

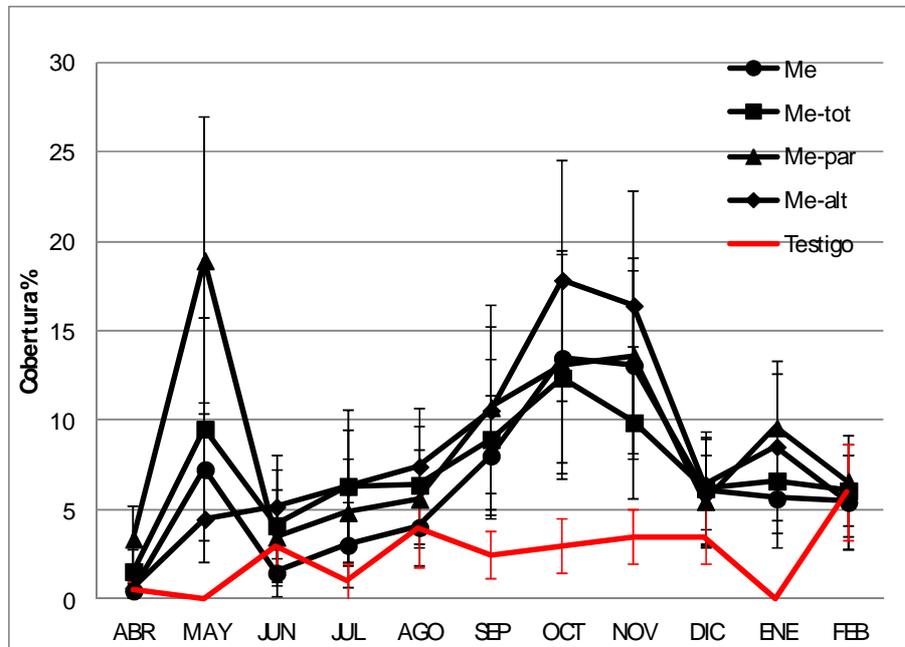


Figura 43. Variación de la cobertura de herbáceas acompañantes por tipo de tratamiento, dentro de los que incluyen retirada mecánica del rizoma. Se incluye también el valor medio de la parcela testigo (CZ01).

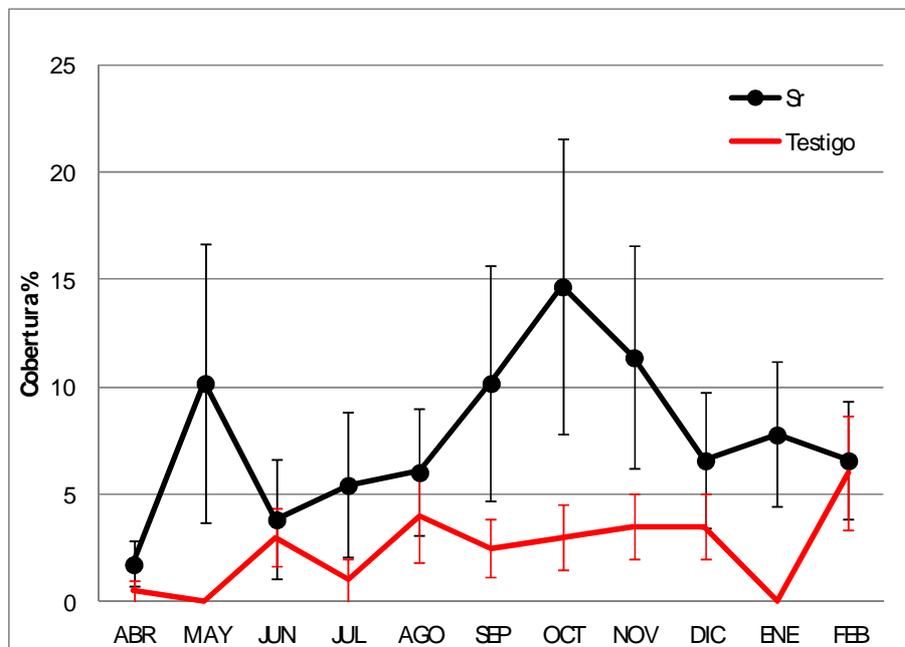


Figura 44. Variación de la cobertura de especies herbáceas acompañantes en las parcelas sin retirada del rizoma. Se incluye también el valor medio de la parcela testigo (CZ01).

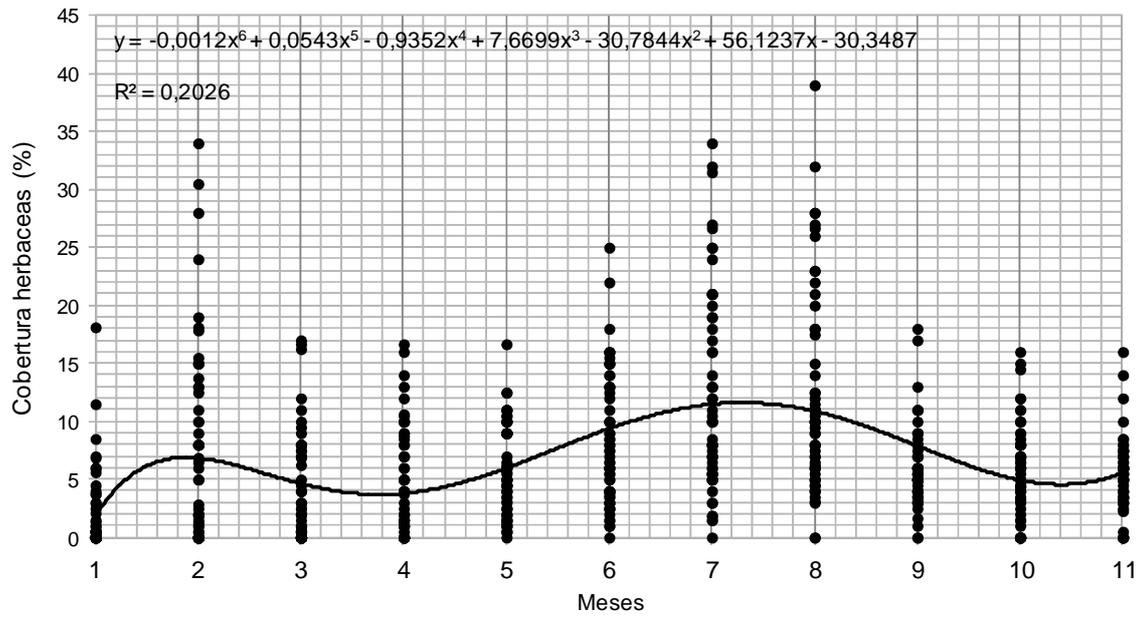


Figura 45. Variación temporal global de la cobertura de especies herbáceas acompañantes (durante el periodo comprendido entre abril de 2011 y febrero de 2012).

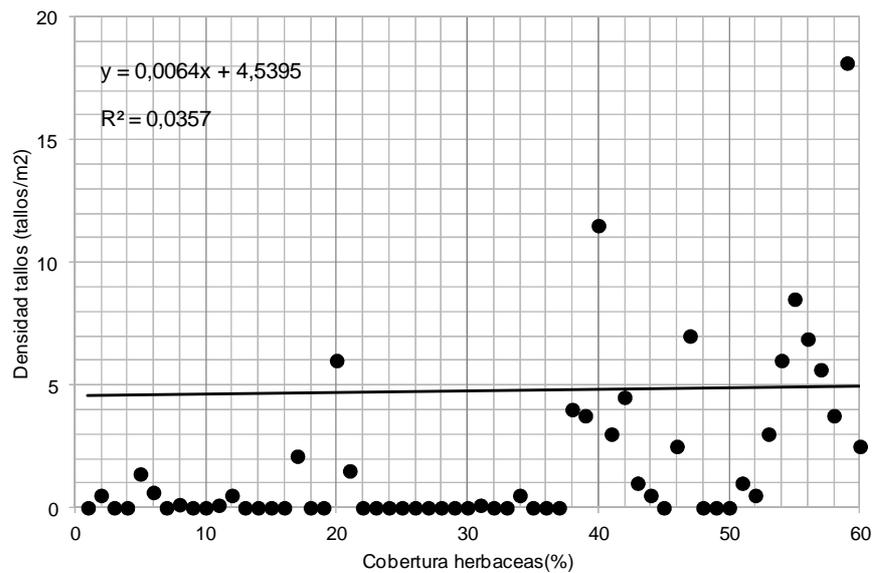


Figura 46. Relación entre la cobertura de especies herbáceas acompañantes y la densidad de tallos de poáceas (caña+carrizo) registradas en cada una de las parcelas durante el seguimiento propiamente dicho.

5.3.5 Variación de la altura de la caña

Las figuras 47 a 49 muestran la variación de la altura media de la parte aérea de la caña¹⁴ por tipo de tratamiento. En este caso es la situación de la parcela testigo (CZ01) la que proporciona la referencia de altura máxima frente a la cual analizar la evolución de las parcelas objeto de diferentes combinaciones de tratamiento.

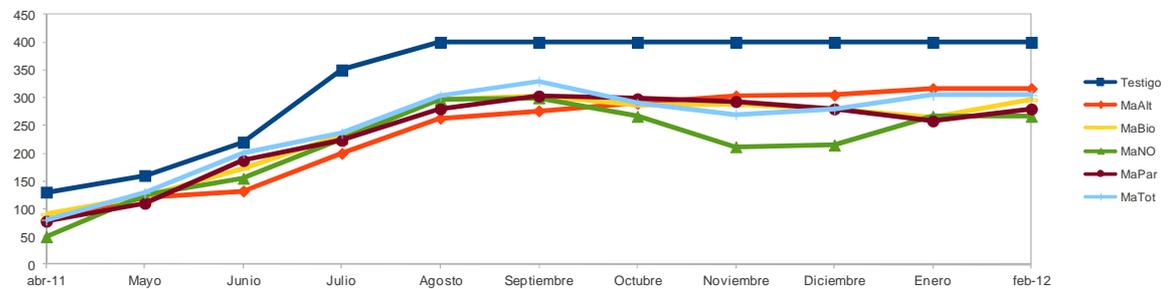


Figura 47. Variación de la altura media de la caña (cm) en las parcelas con tratamiento de retirada manual del rizoma, durante los meses cubiertos por el seguimiento propiamente dicho.

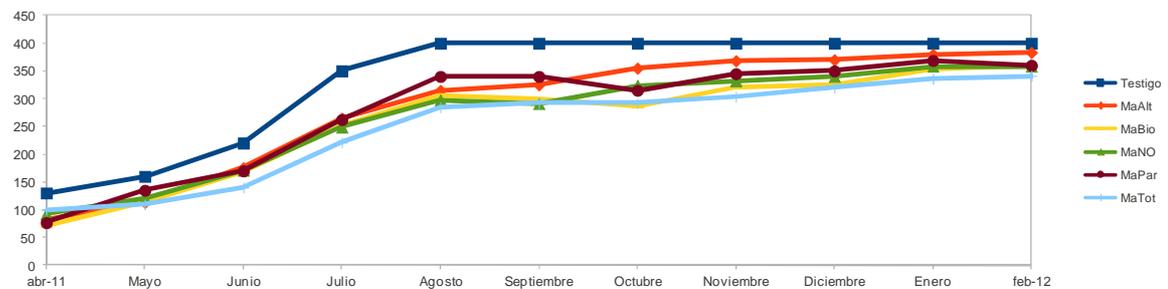


Figura 48. Variación de la altura media de la caña (cm) en las parcelas con tratamiento de retirada mecánica del rizoma, durante los meses cubiertos por el seguimiento propiamente dicho.

¹⁴ Integrando a las dos especies de poáceas presentes (*Arundo donax* y *Phragmites australis*)

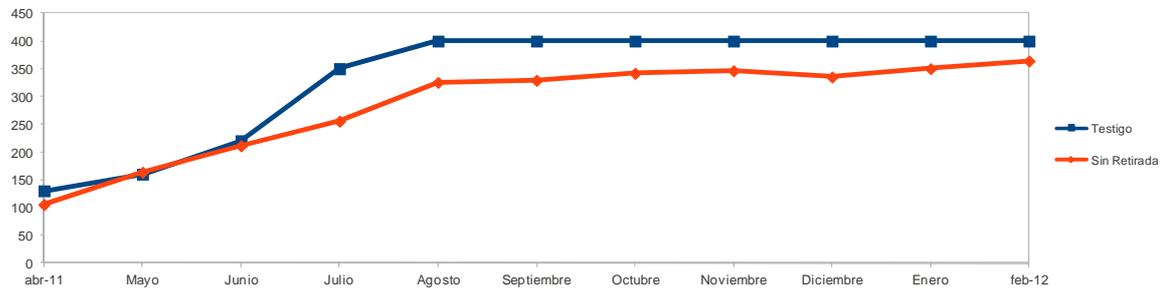


Figura 49. Variación de la altura media de la caña (cm) en las parcelas sin retirada del rizoma, durante los meses cubiertos por el seguimiento propiamente dicho.

A diferencia de lo que se observa para la densidad, los tratamientos con retirada manual (altura máxima entre 300-330 cm) parecen limitar más el crecimiento en altura que los mecánicos (341,25-383,33 cm). En ambos casos la altura de la caña aumenta hasta agosto-septiembre y posteriormente se estabiliza (o fluctúa en torno a un valor estable), para confluir en los valores máximos al final del periodo estudiado. En los tratamientos manuales el rango final de alturas se sitúa entre el 75-82,5% del valor máximo registrado en la parcela testigo, mientras que los manuales confluyen en un rango que representa entre el 85,3-95,8% de dicho valor.

Las parcelas sin retirada de rizoma, con 364,09 cm de altura máxima (91,02% de la de la parcela testigo), mejoran en algunos casos la efectividad de los tratamientos mecánicos en el control del crecimiento vertical de la caña.

5.3.6 Evolución general de las plantaciones

La mortalidad entre los ejemplares plantados ha sido baja en el caso de la especie arbustiva utilizada (*Tamarix*), moderada para la especie herbácea (*Erianthus ravennae*) seleccionada por tener porte similar a la especie objeto de control, y bastante alta para la especie arbórea (*Populus alba*) cuya función era ejercer un efecto de sombreado. La tabla 12 resume los porcentajes de mortalidad en dos momentos (inicial=septiembre 2010 y final=septiembre 2011), entre los cuales media la reposición de las marras detectadas desde la ejecución del proyecto de restauración. Tras una supervivencia inicial bastante elevada, *Erianthus* ha sufrido una mortalidad relativamente importante durante el segundo periodo estival posterior a la plantación.



Especie:	<i>Erianthus ravennae</i>	<i>Tamarix canariensis</i>	<i>Populus alba</i>
Nº inicial	167	207	428
Secos (sep 2011)	55	43	251
% mortalidad final	31,2	17,3	57,3
% mortalidad inicial (sep 2010)	6,4	5,41	37,1

Tabla 12. Mortalidad de las tres especies utilizadas en las plantaciones en dos momentos posteriores a la ejecución del proyecto de restauración.

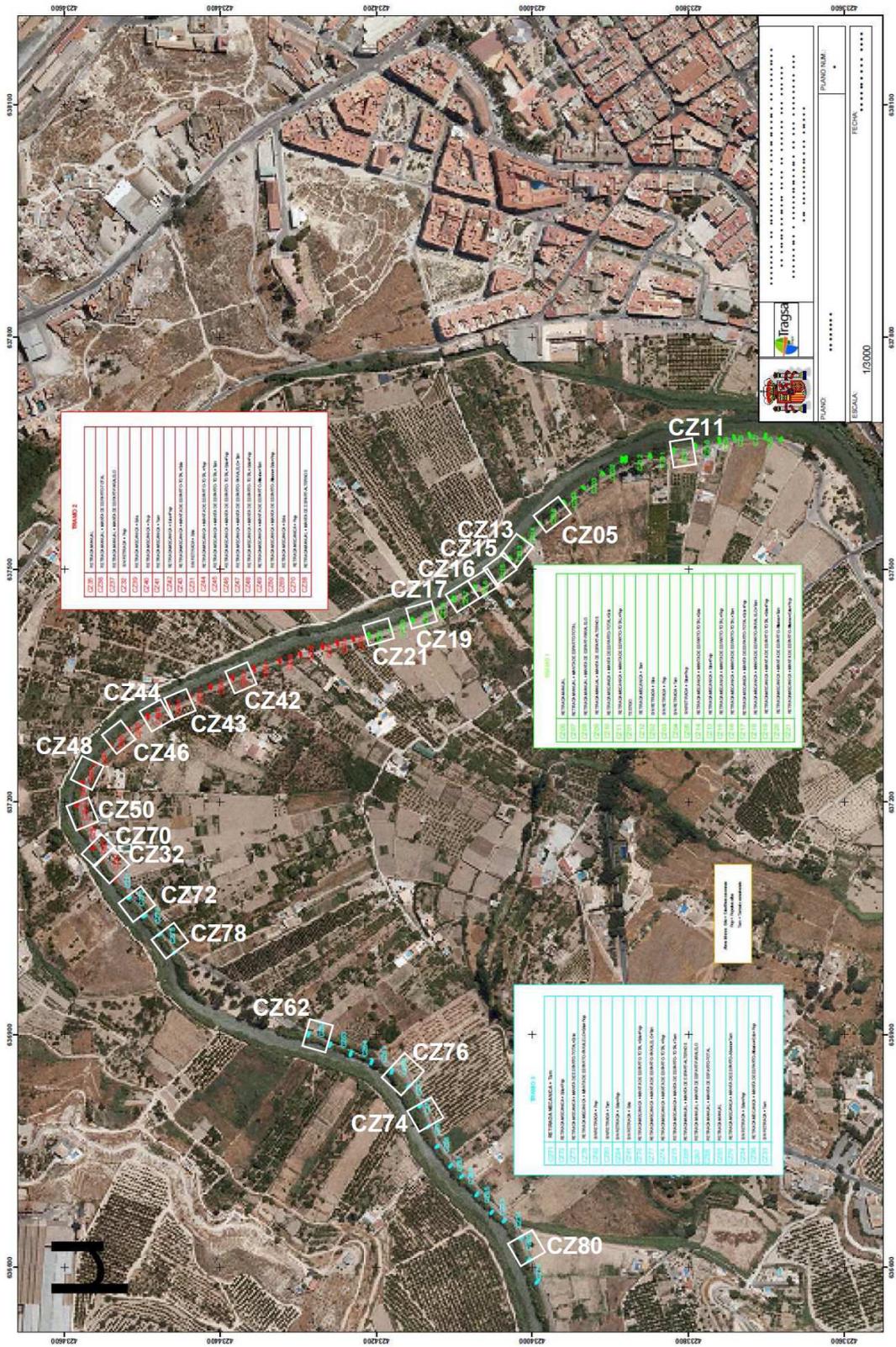


Figura 50. Localización de las parcelas en las que se realizaron plantaciones de Populus alba.



TRAMO	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	Populus (muestreo inicial)			DENSIDAD (Ind/100 m ²)
			Vivos	Marras	Total	
1	CZ01	239,25				
1	CZ02	168,95				
1	CZ03	313,6				
1	CZ04	156				
1	CZ05	178,25	5	5	10	5,61
1	CZ06	242,2				
1	CZ07	123,2				
1	CZ08	114,6				
1	CZ09	127,1				
1	CZ10	142,8				
1	CZ11	266,75	20	5	25	9,37
1	CZ12	226,5				
1	CZ13	224,75	3	8	11	4,89
1	CZ14	144,15				
1	CZ15	247,5	21	1	22	8,89
1	CZ16	225	10	2	12	5,33
1	CZ17	145,5	8	1	9	6,19
1	CZ18	110,05				
1	CZ19	107,8	5	4	9	8,35
1	CZ20	119,35				
1	CZ21	196,5	10	1	11	5,60
2	CZ31	142,5				
2	CZ32	152,6	5	12	17	11,14
2	CZ35	109,5				
2	CZ36	76				
2	CZ37	82				
2	CZ38	166,05				
2	CZ39	196,5				
2	CZ40	139,5				
2	CZ41	195,5				
2	CZ42	208	18	2	20	9,62
2	CZ43	162	2	4	6	3,70
2	CZ44	180	6	9	15	8,33



TRAMO	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	Populus (muestreo inicial)			DENSIDAD (Ind/100 m ²)
			Vivos	Marras	Total	
2	CZ45	193,75				
2	CZ46	200	17	7	24	12,00
2	CZ47	153,6				
2	CZ48	172,05	18	2	20	11,62
2	CZ49	144,2				
2	CZ50	153	12	6	18	11,76
2	CZ69	169,65				
2	CZ70	119,7	9	5	14	11,70
3	CZ33	207				
3	CZ34	144,15				
3	CZ61	264				
3	CZ62	323	5	28	33	10,22
3	CZ64	270				
3	CZ65	123				
3	CZ66	137				
3	CZ67	154				
3	CZ68	142				
3	CZ71	159				
3	CZ72	124,7	6	10	16	12,83
3	CZ73	138,65				
3	CZ74	264	31	5	36	13,64
3	CZ75	223,2				
3	CZ76	328,5	21	13	34	10,35
3	CZ77	289,5				
3	CZ78	198	14	13	27	13,64
3	CZ79	294,1				
3	CZ80	230,95	19	6	25	10,82

Tabla 12. Mortalidad y densidad total (de partida) de ejemplares plantados de álamo blanco (*Populus alba*), registrada durante los muestreos de vegetación del periodo de seguimiento inicial.

Del mismo modo, *Populus alba* ha sufrido pérdidas considerables al final de este segundo periodo, incluso superior a la ya de por sí muy elevada mortalidad inicial. El álamo blanco fue la especie que experimentó una mortalidad más elevada en los dos

momentos en los que se evaluó la supervivencia del arbolado. En la figura 50 y en la tabla 13 se identifican las parcelas en las que se plantaron ejemplares de esta especie, su mortalidad y la densidad total (de partida) de las plantaciones, registrada durante los muestreos de vegetación del periodo de seguimiento inicial.

Esta elevada mortalidad sembró dudas sobre la idoneidad de los ecotipos a los que pertenecía el material forestal utilizado (y sobre el material de reproducción original), por lo que se propuso la eliminación total de los ejemplares remanentes. Finalmente se optó por reponer las marras con material de procedencia garantizada.

Se presentan así mismo datos sobre el crecimiento medio de los ejemplares plantados (todos los tratamientos agrupados, figura 51), y sobre los incrementos absolutos y relativos (figura 52) que muestran los periodos preferentes de crecimiento de las tres especies utilizadas (*Erianthus ravennae*, *Populus alba* y *Tamarix canariensis*).

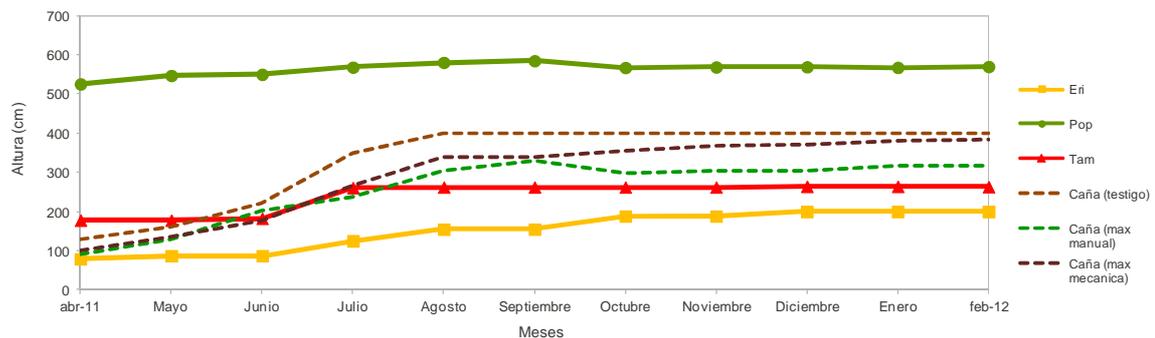


Figura 51. Variación de la altura media (cm) de los ejemplares de especies de ribera plantados (Eri=*Erianthus ravennae*, Pop=*Populus alba* y Tam=*Tamarix canariensis*) durante el periodo de seguimiento propiamente dicho.

Cuando se compara la altura media de los ejemplares de cada especie en un mes dado con la altura máxima de la caña en ese mismo momento, se puede apreciar que sólo *Populus* sobrepasa siempre a la especie problema, y *Erianthus* en ningún momento, mientras que *Tamarix* sólo lo hace en los dos primeros meses de la serie (para estabilizarse a partir de julio en valores en torno a 260 cm).

Aparecen varios aspectos destacables, por un lado *Erianthus ravennae* exhibe el máximo crecimiento de su altura media a lo largo de todo el periodo (121 cm), con dos fases principales de aumento (junio-agosto y septiembre-octubre). En cambio, *Tamarix*

crece 85,22 cm en total, la mayor parte de los cuáles se ganan en una sola etapa (junio-julio), siendo el resto de incrementos intermensuales muy reducidos y no siempre positivos. En cuanto a *Populus*, muestra incrementos en general poco importantes que se concentran entre abril y agosto.

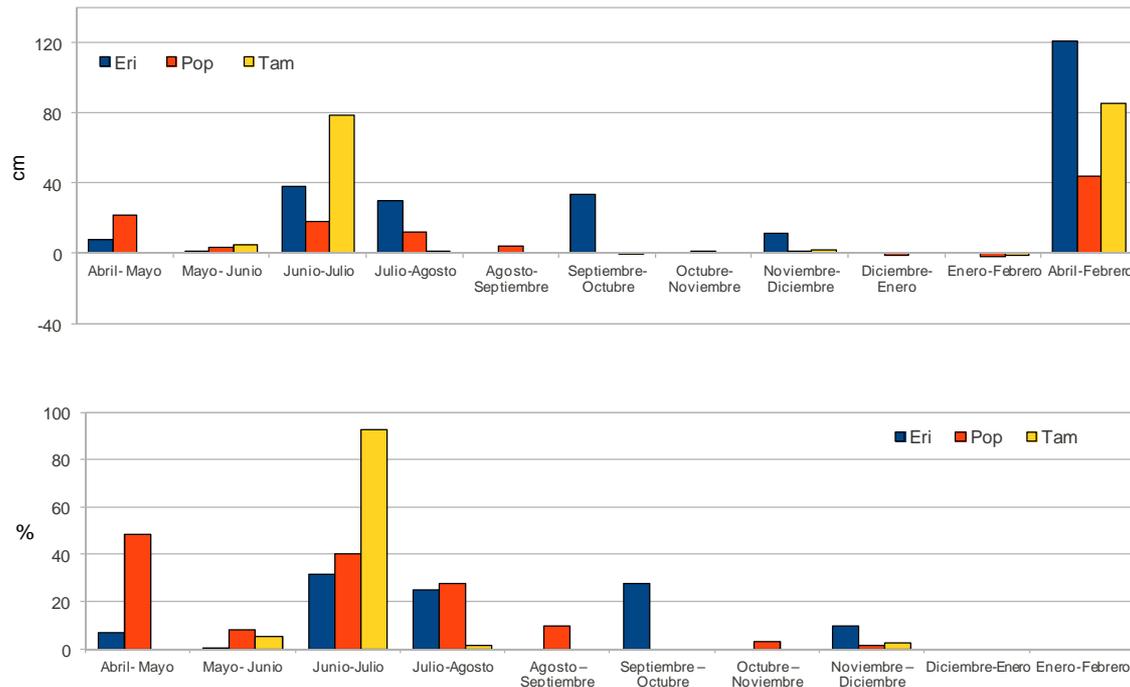


Figura 52. Crecimiento medio en altura de las tres especies especies de ribera plantadas (gráfico superior), e incremento relativo medio (gráfico inferior), expresado como % de la altura media del mes inicial (entre pares de meses y a lo largo de todo el periodo de seguimiento propiamente dicho).

5.4 Resultados relativos a variables ambientales y otras a registrar

5.4.1 Insolación

Los registros de esta variable se incluyen en el Anexo 3. El análisis de la variación espacial entre parcelas y bandas ribereñas, y la relación de esta variable con la densidad de la especie problema se expone en el apartado 6.2.1.



5.4.2 Temperatura del aire

Al igual que la insolación, los registros mensuales de esta variable se incluyen en el Anexo 3. El análisis de la variación espacial entre parcelas y bandas ribereñas, y la relación de esta variable con la densidad de la especie problema se expone en el apartado 6.2.2.

5.4.3 Humedad atmosférica

Como para las dos anteriores variables, se remite al Anexo 3 para consultar los registros de esta variable. Su variación espacial entre parcelas y bandas ribereñas, y de su relación con la densidad de la especie problema se explora en el apartado 6.2.3.

5.5 Variables de caracterización edáfica

Tal como se expuso en el anterior informe trimestral, se dispone ya de los resultados brutos de todas las variables de caracterización edáfica solicitados en el contrato (Anexo 4). Con ellos es posible establecer la situación de partida de las parcelas, que sirva de referencia para la caracterización final de las mismas (para lo cual se iniciará en breve la toma de muestras). En esta versión del informe final sólo se dispone de datos de caracterización edáfica post-tratamiento para una variable, el contenido de humedad (gravimétrica).

La descripción de la evolución de las características edáficas y el análisis de su influencia sobre la respuesta de *Arundo donax* a los tratamientos se ha abordado a comparación niveles distintos: caracterización (inicial y final), variación espacial (en cada periodo, dentro del área tratada), variación temporal a lo largo del seguimiento (inicial-final), y variación observada en ambos conjuntos de muestras (inicial y final) con respecto a las áreas no tratadas de la margen opuesta (se analiza en el apartado 6.2.4). A esto hay que añadir la comparación con otros estudios de referencia (Alías y cols., 1986-1997). Los resultados que se exponen en esta versión del informe son parciales (muestreo inicial y parte del final).

5.5.1 Caracterización inicial

La tabla 14 muestra los valores del **contenido de humedad edáfica**, calculados a partir del peso del agua de las muestras obtenidas en el mes de abril de 2011. Es la única variable que por el momento puede ser objeto de comparación entre el inicio y el final del seguimiento. El porcentaje medio de todas las muestras es $16,44\% \pm 2,13$ SE.

Parcela	Tramo	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Cont. Agua	Humedad (%)
CZ01	1	101,21	72,43	28,78	39,73
CZ04	1	103,94	77,51	26,43	34,10
CZ05	1	103,08	72,50	30,58	42,18
CZ12	1	103,63	90,26	13,37	14,81
CZ16	1	102,08	90,06	12,02	13,35
CZ19	1	120,38	104,08	16,30	15,66
NT11	1		83,08	31,58	38,01
CZ31	2	113,84	103,37	10,47	10,13
CZ35	2	125,27	107,71	17,56	16,30
CZ36	2	113,82	101,42	12,40	12,23
CZ37	2	102,87	91,89	10,98	11,95
CZ38	2	124,18	107,30	16,88	15,73
CZ39	2	104,24	95,60	8,64	9,04
CZ40	2	114,71	97,52	17,19	17,63
CZ43	2	113,84	103,37	10,47	10,13
NT00	2		101,00	12,45	12,33
CZ47	3	116,88	105,04	11,84	11,27
CZ49	3	102,17	93,50	8,67	9,27
CZ62	3	107,51	97,70	9,81	10,04
CZ66	3	122,72	110,61	12,11	10,95
CZ72	3	126,08	113,02	13,06	11,56
CZ74	3	127,57	117,95	9,62	8,16
CZ78	3	110,60	98,24	12,36	12,58
CZ80	3	128,65	119,69	8,96	7,49
NT22	3		104,82	12,88	12,29

Tabla 14. Contenido de humedad en las muestras obtenidas para la caracterización inicial del área de actuación (expresada como % del peso).

Otras características destacables de este muestreo inicial (en las zonas tratadas) son valores relativamente bajos de materia orgánica (contenido medio de $1,35\% \pm 0,21$ SE) y de C ($7,71\% \pm 0,13$ SE), y especialmente de N ($0,069\% \pm 0,007$ SE), lo que da



lugar a relaciones C/N elevadas. El contenido medio de carbonato cálcico es del $47,65\% \pm 1,02$ SE y el pH ligeramente básico ($8,56 \pm 0,06$ SE). Los valores de conductividad eléctrica son altos ($5,09$ dS/m $\pm 0,58$ SE), alcanzando el valor que caracteriza a los suelos salinos (>5 dS/m; Jordán, 2006). Aparecen también valores relativamente altos de K ($899,05$ ppm $\pm 30,32$ SE) y P ($121,14$ ppm $\pm 57,2$ SE). La textura es predominantemente franco-arenosa (61% de las parcelas muestreadas) o franco-limosa (33,3%).

5.5.2 Caracterización final

La tabla 15 muestra los valores del **contenido de humedad edáfica**, calculados a partir del peso del agua de las muestras obtenidas en el mes de febrero de 2012. El porcentaje medio de todas las muestras es $17,84\% \pm 2,28$ SE.

Parcela	Tramo	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Cont. Agua	Humedad (%)
CZ01	1	123,32	93,91	29,41	31,317
CZ04	1	114,95	82,03	32,92	40,132
CZ05	1	102,61	80,23	22,38	27,895
CZ12	1	108,74	74,15	34,59	46,649
CZ16	1	103,57	94,36	9,18	9,276
CZ19	1	94,96	83,29	11,67	14,011
NT11	1	85,28	62,16	23,12	37,194
CZ31	2	131,92	116,35	15,57	13,382
CZ35	2	99,99	85,82	14,17	16,511
CZ36	2	103,55	90,07	13,48	14,966
CZ37	2	103,9	99,8	4,1	4,108
CZ38	2	96,13	82,27	13,86	16,847
CZ39	2	98,7	85,48	13,22	15,466
CZ40	2	101,25	88,55	12,7	14,342
CZ43	2	99,5	88,69	10,81	12,189
NT00	2	105,11	99,37	5,74	5,776
CZ47	3	98,98	90,58	8,4	9,274
CZ49	3	77,97	71,29	6,68	9,37
CZ62	3	98,96	91,54	7,42	8,106
CZ66	3	103,64	89,86	13,78	15,335
CZ72	3	116,79	103,53	13,26	12,808
CZ74	3	100	90,73	9,27	10,217
CZ78	3	100,34	89	11,34	12,742

Parcela	Tramo	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Cont. Agua	Humedad (%)
CZ80	3	117,71	103,67	14,04	13,543
NT22	3	100,12	74,33	25,79	34,697

Tabla 15. Contenido de humedad en las muestras obtenidas para la caracterización final del área de actuación (expresada como % del peso).

5.5.3 Variación espacial

En las muestras iniciales, aparecen diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tres tramos consecutivos en los que se ha dividido –a efectos puramente informativos- el área de actuación (Test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$). El tramo 1 registra un contenido de humedad edáfica notablemente más elevado ($28,26 \% \pm 4,91$ SE) que los dos restantes ($< 13\%$ en promedio). En las muestras finales se mantienen las diferencias significativas en el contenido de humedad entre tramos (Test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), siendo de nuevo el tramo 1 el que registra un contenido de humedad edáfica mayor ($29,49\% \pm 5,16$ SE) que los dos restantes ($< 14\%$ en promedio).

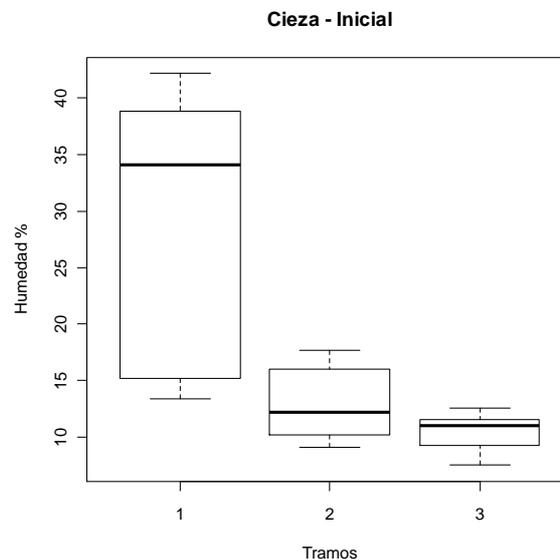


Figura 53. Comparación de los valores centrales del contenido gravimétrico de agua (porcentaje del peso) entre las muestras obtenidas en cada uno de los tramos de la zona de actuación.

En las muestras iniciales, en cambio, no aparecen diferencias significativas entre tramos para ninguna de las restantes variables de caracterización edáfica (MO, K, P: Test de Kruskal-Wallis; C, N, pH, CO_3CA , CE: ANOVA; $p > 0,05$ en todos los casos).

5.5.4 Variación temporal

No existen diferencias significativas en el porcentaje de humedad edáfica entre las muestras iniciales y finales (Test de Kruskal-Wallis, $p=0,45$). Considerando ambos conjuntos de datos, la significación de las diferencias entre tramos se acentúa ($p>0,001$), siempre a favor del tramo 1 ($28,87\% \pm 3,43$ SE vs $12,72 \pm 3,43$ y $12,2 \pm 1,41$ en los tramos 2 y 3, respectivamente).

5.5.5 Comparación con otros estudios de referencia

La comparación con los datos de Alías y cols. (1986-1997) es puramente cualitativa, puesto que los valores de referencia -de las dos muestras de este trabajo seleccionadas por su proximidad o afinidad a los suelos del área de estudio- son únicos. No obstante, merecen destacarse algunas similitudes y diferencias, recogidas en las Tablas 16 y 17. En ellas se presentan además los principales datos de caracterización de las muestras de referencia.

Perfil		Muestra Nº	891-VII - LUCDEME (punto más cercano llanura aluvial)			
			Horizonte	Ap	C1	C2
		Profundidad	0-17	15-54	54-104	>104
GRANULOMETRIA (%)	Arena	muy gruesa	0	0	0	0
	Arena	gruesa	0,4	0,5	0,1	0,4
	Arena	mediana	0,5	0,3	0,3	3,5
	Arena	fina	11,8	18,5	3,1	29,3
	Arena	muy fina	15,9	18,8	9	16,9
	TOTAL	arena	28,6	38,1	12,5	50,1
	Limo	grueso	34,4	30,3	36,8	25,1
	Limo	fino	19,9	16	26,9	12,5
	TOTAL	limo	54,3	46,3	63,7	37,6
	Arcilla		17	15,4	23,9	12,3
DATOS ANALÍTICOS	MO	%	2,89	1,44	1,31	0,82
	C(+)	g/100g	1,68	0,84	0,76	0,48
	N(+)	g/100g	0,1845	0,0943	0,0779	0,0516
	C/N(+)		9,11	8,91	9,76	9,30
	CO ₃ Ca (eq)	%	46,7	46,6	45	51,2
	pH	H ₂ O	7,9	8,3	8,1	8,3
	pH	CIK	7,9	7,6	7,5	7,7
	T		6,5	5,1	6,7	2,6
	CE	dS cm ⁻¹	5,93	1,19	1,87	1,51

Perfil		Muestra Nº	891-VII - LUCDEME (punto más cercano llanura aluvial)			
		Horizonte	Ap	C1	C2	C3
		Profundidad	0-17	15-54	54-104	>104
		Sales solubles	0,15			
		Yeso				
		H ₂ O 1/3 atm	19,7	17,7		
		H ₂ O 15 atm	10,7	9,3		
ELEMENTOS ASIMILABLES	Na	mg/100g	28	9,2	11,7	9
	K	mg/100g	115	14,4	6,2	6,2
	Mg	mg/100g	68	32,5	40,6	40,6
	Fe	ppm	1,6	2,7	3,4	4,1
	Mn	ppm	2,9	1,6	1,6	1,2
	Cu	ppm	7,8	3	4	1,6
	Zn	ppm	1	0,8	0,7	0,4
	P	ppm	43,6	4,4	1,1	1,3
EXTRACTO DE SATURACION		Cl ⁻	29			
		SO ₄ ⁼	14,9			
		CO ₃ H ⁻	0,8			
		Na ⁺	9,6			
		K ⁺	11,1			
		Mg ²⁺	15,5			
		Ca ²⁺	9,7			
		RAS	2,7			

Tabla 16. Datos de caracterización edáfica (perfil) del Proyecto LUCDEME (Alfás y cols., 1986-1997), correspondientes al punto más semejante por proximidad geográfica y similitud de uso, a la zona de estudio.

			Promedio		
			LUCDEME	TRATADAS	CONTRASTE
		Profundidad	0-17	-	-
GRANULOMETRIA (%)	Arena	muy gruesa	0		
	Arena	gruesa	0,4		
	Arena	mediana	0,5		
	Arena	finas	11,8		
	Arena	muy fina	15,9		
	TOTAL	arena	28,6		
	Limo	grueso	34,4		
	Limo	fino	19,9		
	TOTAL	limo	54,3		
		Arcilla		17	
DATOS ANALÍTICOS	MO	%	2,89	1,36	2,54
	C	g/100g	1,68	7,71	8,42
	N	g/100g	0,1845	0,07	0,13
	C/N		9,11	139,78	73,47
	CO ₃ Ca (eq)	%	46,7	47,65	44,31
	pH	H ₂ O	7,9		
	pH	ClK	7,9	8,57	8,92

			Promedio		
			LUCDEME	TRATADAS	CONTRASTE
			0-17	-	-
			Profundidad		
	T		6,5		
	CE	dS cm ⁻¹	5,93	5,10	1,05
	Sales	solubles	0,15		
	Yeso				
	H ₂ O	1/3 atm	19,7	15,91	20,88
	H ₂ O	15 atm	10,7		
ELEMENTOS ASIMILABLES	Na	mg/100g	28		
	K	mg/100g	115	899,06	497,13
	Mg	mg/100g	68		
	Fe	ppm	1,6		
	Mn	ppm	2,9		
	Cu	ppm	7,8		
	Zn	ppm	1		
	P	ppm	43,6	121,14	375,00
EXTRACTO DE SATURACION		Cl ⁻	29		
		SO ₄ ⁻	14,9		
		CO ₃ H ⁻	0,8		
		Na ⁺	9,6		
		K ⁺	11,1		
		Mg ²⁺	15,5		
		Ca ²⁺	9,7		
		RAS	2,7		

Tabla 16 (cont). Datos de caracterización edáfica perfil) del Proyecto LUCDEME (Alías y cols., 1986-1997), correspondientes al punto más afín a la zona de estudio. Se incluyen los valores medios para la zona tratada y las muestras de contraste de la margen opuesta (presente estudio).

Perfil	Nº	891-VII
Coordenadas	UTM	632.40-4233.25
Altitud	(m)	180
Posición fisiográfica		Llanura aluvial
Pendiente		Llano
Vegetación/ Uso suelo		Hortalizas y frutales diversos (melocotoneros, ciruelos, albaricoqueros, etc.)
Material original		Sedimentos aluviales
Drenaje		Moderadamente bien drenado
Pedregosidad		Sin piedras
Afloramientos rocosos		Ninguno
Salinidad		Libre de sales
Erosión		Deposición hídrica, ligera, que alterna con el arrastre de materiales por el agua
Influencia humana		Arado y fertilización
Tipo suelo		Fluvisol calcárico

Tabla 16 (cont). Datos de caracterización edáfica (perfil) del Proyecto LUCDEME (Alías y cols., 1986-1997), correspondientes al punto más afín a la zona de estudio. Se presentan los principales datos del punto donde se ha obtenido la muestra utilizada como referencia.



Muestra	(Punto más cercano LUCDEME)		Datos propios (ribera Río Segura en Cieza)	
	Capa arable		PROMEDIO	
Coordenadas	UTM	637.5-4233.6	TRATADAS	CONTRASTE
DATOS ANALITICOS GENERALES	MO (%)	2,27	1,36	2,54
	CE (dS cmk ⁻¹)	2,86	5,10	1,05
	pH H ₂ O	8,3		
	pH CIK	8,2	8,57	8,92
	CO ₃ Ca (%)	52,7	38,49	44,31
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA (µm)	<2	18,3		
	2-20.	19,5		
	20-50	37,6		
	50-100	12,6		
	100-250	9,4		
	250-500	1,6		
	500-1000	0,8		
	1000-2000	0,5		

Tabla 17. Datos de caracterización edáfica (muestra de capa arable) del Proyecto LUCDEME (Alfás y cols., 1986-1997), correspondientes al punto más afín por su proximidad geográfica y similitud de uso, a las muestras de la zona de estudio.

Del examen de ambas tablas cabe destacar, además de las diferencias ya comentadas entre la margen tratada y la de contraste, la alta conductividad eléctrica que caracteriza a las parcelas objeto de seguimiento. Aunque el perfil tomado como referencia para la comparación se considera “libre de sales”, la conductividad eléctrica en el horizonte superficial es muy similar a la media del muestreo inicial en las parcelas tratadas seleccionadas.

El contenido de materia orgánica y carbonatos es relativamente similar a los valores de referencia, y sólo se observa un relativo empobrecimiento en N y un enriquecimiento en K y P (también observado entre las muestras de referencia y la margen opuesta). En consecuencia, salvo para estas últimas características, puede afirmarse que las características generales del suelo aportado no difieren sustancialmente de las de la llanura aluvial en las que se localiza el proyecto de actuación.



5.6 Datos adicionales e incidencias registradas

5.6.1 Enero 2012

Durante el muestreo de enero se observó alguna incidencia aislada en determinadas parcelas. Algunas suponen modificaciones que pueden afectar en cierta medida las labores de seguimiento:

En las parcelas CZ08, CZ09 y CZ11 pertenecientes al tramo 1, se ha producido una corta de los tallos de *A. donax* y de *P. australis*, además del desbroce y retirada de las especies acompañantes. Estas actuaciones se ilustran en las fotos del Anexo 9.

Así mismo, en algunas de las parcelas pertenecientes al tramo 3 (desde CZ66 hasta CZ74) se están realizando actualmente labores de corta y retirada de *A. donax* en la línea exterior de las parcelas, debido a que la altura y curvatura de sus tallos dificultan la visibilidad y el tránsito por la carretera contigua.

5.6.2 Febrero 2012

En el muestreo correspondiente a este mes se registraron incidencias relevantes en determinadas parcelas, en este caso con influencia más importante sobre el desarrollo del seguimiento. Estas incidencias se reflejan en las imágenes incluidas en el Anexo 10.

Un incendio ocurrido en la margen izquierda del río ha alcanzado el sector de la ribera opuesta donde se encuentran las parcelas de experimentación para el control de la caña común. Probablemente la extensión de la perturbación fue debida al viento, saltando las llamas desde el cañaveral monoespecífico de la margen izquierda al área del Proyecto de I+D+i. Antes de ser controlado, el incendio afectó a varias parcelas, lo cual ha impedido el desarrollo normal de los muestreos, ya que se han quemado los tallos de *Arundo donax* además del revestimiento implantado en algunas de ellas.

Las parcelas en las que se ha observado afección por el incendio corresponden a los códigos CZ79, CZ80, CZ34, CZ33 y CZ67, encontrándose totalmente afectadas por el



fuego. Por otro lado, existen dos parcelas más, la CZ68 y CZ75 cuyo estado es de un deterioro parcial, siendo el principal motivo la corta y quema de los tallos de *Arundo donax* situados en la línea exterior de estas parcelas.



6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO

6.1 *Análisis general de la eficacia de los tratamientos*

Los resultados de los análisis de regresión discreta (GLM) se presentan organizados en la tabla 18, que muestra los modelos de regresión estadísticamente significativos y con una interpretación clara, para los tres grupos de análisis diferenciados y descritos en la metodología (apartado 3.8). Así mismo, estos tres grupos de resultados se presentan organizados en los cuatro momentos de tiempo en los que se han evaluado.

Las devianzas (*deviance* = % de variabilidad de los datos explicada) de los modelos no se muestran puesto que fueron destacadamente bajas (inferiores al 3 %), lo que indica que si bien los efectos detectados sobre la reducción de caña son reales (esto lo marca la significación estadística), la mayor parte de efectos (positivos o negativos) sobre la densidad se deben a otros factores naturales o antrópicos no contemplados en el diseño. Los resultados se comentan en los tres apartados diferenciados previamente.

6.1.1 **Eficacia de tratamientos y cubrimientos, considerados independientemente, en la reducción de la densidad de caña respecto a las zonas control (margen izquierda)**

Con respecto a los tratamientos, se destaca que a los 6 meses de intervención, sólo el tratamiento mecánico tuvo un efecto marginalmente significativo (p -valor < 0.1) sobre la reducción de densidad de caña. Parece que el factor humano puede haber influido a la hora de determinar la eficacia del tratamiento manual, de manera que su aplicación habría sido heterogénea (en función del operario, condiciones ambientales, etc.), y sus efectos globales (comparando entre parcelas con este tratamiento) quedarían diluidos, y no se detectan a los 6 meses. Sin embargo sí que se detecta ya un efecto negativo global ($p < 0.05$) en parcelas intervenidas con los tres tratamientos a los 12 meses, cuando, al equipararse las dinámicas de crecimiento entre parcelas (al haber pasado más tiempo) se igualan también, por ejemplo, los efectos negativos de



tratamientos mecánico y manual (aunque individualmente, éste último muestra una eficacia reductora mayor). A los 12 meses también el tratamiento “corta sin retirada” muestra un efecto significativo de reducción de la densidad.

A los 18 meses el efecto reductor de la densidad de caña por parte de los tratamientos mecánico y manual continúa manifestándose ($p < 0,05$ y $p < 0,1$ respectivamente), aunque a los 23 meses ya no es detectado. Mediante este modelo, puede establecerse la persistencia del efecto de dichos tratamientos en como mínimo 2 años desde la intervención inicial, tiempo tras el cual efecto reductor de los tratamientos sobre la densidad de caña ya no es significativa.

Globalmente, se puede concluir *a priori* que una intervención mecánica (en principio más homogénea e intensa) reforzada a los doce meses con una intervención de repaso manual, sería lo más recomendable por su efectividad y facilidad de ejecución (ya que no se aplicaría retirada manual en la actuación principal). En cambio, la ausencia de “repasos” en los tratamientos a medio/largo plazo (a partir de los 12 meses) favorecería para la especie problema, permitiendo la recuperación de su cobertura. De igual modo no parecen existir efectos negativos sobre la densidad de caña debidos a la competencia interespecífica (por las especies plantadas) a medio plazo.

Con respecto a los cubrimientos, si bien los modelos muestran respuestas menos concluyentes (por lo que se refiere a la variabilidad explicada), también se detectaron efectos negativos sobre la densidad de caña por las diferentes disposiciones de los cubrimientos de esparto: a los 6 meses el cubrimiento total tiene un efecto reductor sobre la densidad marginalmente significativo ($p < 0,1$). A los 12 meses todas las técnicas de cubrimiento muestran un efecto negativo sobre la densidad, siendo la disposición paralela y total las que muestran una mayor intensidad reductora y con mayor significación estadística ($p < 0,01$), seguidas por la disposición alterna y no cubrimiento ($p < 0,05$). A los 18 meses sólo los tres tipos de cubrimiento (alterno, total y paralelo) mostraron un efecto reductor y estadísticamente significativo (paralelo y total con $p < 0,05$; alterno con $p < 0,1$). A los 23 meses de la intervención ya no se detectan efectos significativos sobre la reducción de caña por parte de los cubrimientos (en ninguna de sus disposiciones).

		Septiembre 2010 (+6 meses)		Abril 2011 (+12 meses)		Septiembre 2011 (+18 meses)		Febrero 2012 (+23 meses)	
		Variables	p-valor	Variables	p-valor	Variables	p-valor	Variables	p-valor
(a) Parcelas intervenidas vs. control (sin tratamientos ni cubrimientos)	Tratamiento	<i>Me</i> efecto (-)	0,0561	<i>Me</i> efecto (-)	0,0053	<i>Me</i> efecto (-)	0,0220	n.s.	> 0,1
		<i>Ma</i> efecto (-)		<i>Ma</i> efecto (-)	0,0036	<i>Ma</i> efecto (-)	0,0592		
		<i>Sr</i> efecto (-)		<i>Sr</i> efecto (-)	0,0482				
	Cubrimiento	<i>Tot</i> efecto (-)	0,0643	<i>Par</i> efecto (-)	0,0032	<i>Par</i> efecto (-)	0,0226	n.s.	> 0,1
				<i>Tot</i> efecto (-)	0,0021	<i>Tot</i> efecto (-)	0,0170		
				<i>Alt</i> efecto (-)	0,0119	<i>Alt</i> efecto (-)	0,0518		
				<i>No</i> efecto (-)	0,0210				
(b) Efecto de cubrimientos sobre parcelas con tratamiento sólo manual (Ma)		n.s.	> 0,1	<i>Par</i> efecto (+)	0,0143	n.s.	> 0,1	n.s.	> 0,1
				<i>Tot</i> efecto (+)	0,0178				
(c) Efecto de cubrimientos sobre parcelas con tratamiento sólo mecánico (Me)		n.s.	> 0,1	<i>Par</i> efecto (-)	0,0198	n.s.	> 0,1	n.s.	> 0,1
				<i>Tot</i> efecto (-)	0,0093				

Tabla 19. Resultados de los modelos generalizados para la densidad de caña *Arundo donax*. Se muestran únicamente aquellos modelos con un valor del criterio de información de Akaike inferior al del modelo nulo respectivo, y que además presenten al menos alguna variable con un efecto estadísticamente significativo (nivel de significación fijado en p-valor < 0.1) sobre la densidad de caña *Arundo donax*. Los signos del efecto de una variable sobre la densidad de caña se muestran a continuación de la inicial de cada variable: efecto (-) implica una reducción de la densidad de caña y un efecto (+) implica un incremento en la densidad. Leyenda: Tratamientos: *Me*=Mecánico, *Ma*=Manual, *Sr*= Sin retirada; Cubrimientos: *Par*=Paralelo, *Tot*=Total, *Alt*=Alternativo, *No*=Sin cubrimiento; n.s.=resultado no significativo



Es necesario aclarar en este punto que los efectos reductores sobre la densidad de caña, detectados para el método “no cubrimiento”, son debidos al tratamiento aplicado previamente (mecánico, manual o corta sin retirada) ya que una parcela con la intervención “no cubrimiento”, siempre ha sido intervenida previamente con uno de los tres tratamientos.

6.1.2 Efecto aditivo o sinérgico del revestimiento sobre el tipo de retirada (parcelas con tratamiento manual previo)

En este apartado se presentan y discuten los resultados relativos al papel potenciador que pueden tener los diferentes cubrimientos aplicados tras un tratamiento manual. Los únicos resultados significativos detectados a lo largo del periodo de estudio se producen a los 12 meses, por parte de los cubrimientos paralelo y total, sin embargo los efectos son contrarios a lo esperado, los cubrimientos paralelo y total muestran un efecto positivo (beneficioso) sobre la densidad de caña ($p < 0,05$). Estos resultados no concuerdan con los efectos reductores observados para los cubrimientos cuando se ha analizado el papel de tratamientos y cubrimientos frente a la ausencia total de intervención en la parcela control (apartado anterior).

Dada la heterogeneidad comentada en la aplicación del tratamiento manual, probablemente los rizomas no han sido retirados de forma completa, entonces a los 12 meses queda reflejado el crecimiento de la caña durante ese primer año (a pesar de la implementación de cubrimientos), resultando, en esas parcelas, en un balance global de crecimiento de la caña (balance positivo de crecimiento → aparente efecto positivo de cubrimientos).

En última instancia esto reflejaría la incapacidad de los revestimientos, no ya de potenciar, sino incluso de contrarrestar el efecto de una insuficiente aplicación del tratamiento de retirada manual. A los 18 y 23 meses ya no se detectaron efectos significativos.



6.1.3 Efecto aditivo o sinérgico del revestimiento sobre el tipo de retirada (parcelas con tratamiento manual previo)

En este apartado, al igual que con el tratamiento manual, se exponen y discuten los resultados relativos al papel potenciador que pueden tener los diferentes cubrimientos aplicados tras una retirada mecánica. En relación a los resultados significativos detectados a lo largo del periodo de estudio, de nuevo (como en las parcelas de tratamiento manual) se manifiestan a los 12 meses, por parte de los cubrimientos paralelo y total. No obstante, en estas parcelas de tratamiento mecánico, los efectos son acordes a lo esperado, los cubrimientos paralelo y total muestran un efecto negativo (reductor) sobre la densidad de caña ($p < 0,05$ y $< 0,01$ respectivamente).

Dada la aparente homogeneidad y efectividad atribuido al tratamiento mecánico, es lógico pensar en un efecto sinérgico y de refuerzo en la reducción de la densidad de caña por parte de estos dos tipos de cubrimiento. Con todo, este efecto se desvanece a partir de los 18 meses, lo cual de nuevo sugiere que sucesivos repasos hubieran contribuido a consolidar los resultados obtenidos, permitiendo a la vegetación autóctona implantada ir adquiriendo mayor protagonismo en el control físico y ecológico de la especie problema.

6.2 Influencia de las variables ambientales registradas

6.2.1 Insolación

Los registros mensuales de esta variable a lo largo del seguimiento se han presentado como anexo a cada uno de los informes mensuales. La toma de datos fue simultánea a los muestreos de vegetación. Para el registro de la radiación incidente sobre el terreno, cada parcela se subdividió en tres bandas (interior, medio, exterior), dependiendo de la situación del punto de toma de datos con respecto al cauce. La banda interior sería la más cercana a la orilla del río, mientras que la exterior es la más próxima al camino de servicio que discurre junto a la coronación del talud. La insolación media recibida en cada banda (Figura 54) refleja la ausencia de diferencias en la insolación que recibe cada banda ribereña, si bien existe una relación significativa entre esta variable y

la densidad de tallos. El modelo cuadrático es el que mejor explica dicha relación ($p = 2,2 \times 10^{-16}$; $R^2 = 0,173$), mostrando una disminución del grado de insolación conforme aumenta la densidad de tallos (Figura 55).

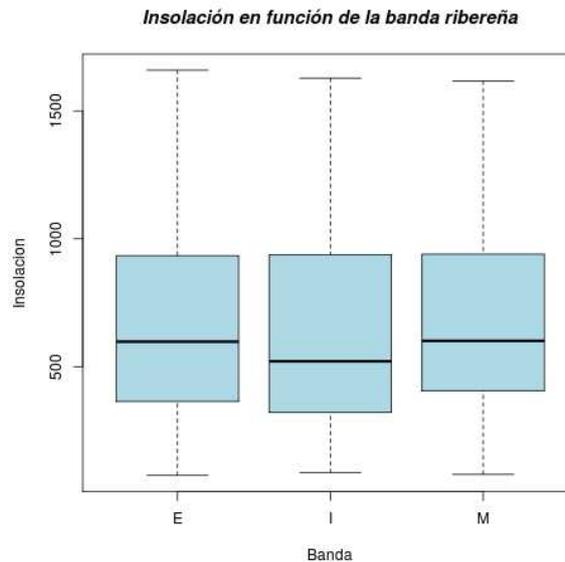


Figura 54. Comparación gráfica de los valores de insolación ($\text{microEinstein}/\text{cm}^2/\text{seg}$) recibida por banda ribereña (E=Exterior; I=Interior; M=Media).

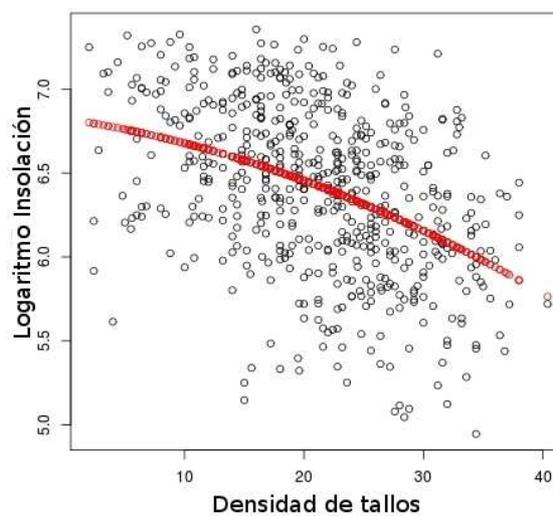


Figura 55. Relación entre insolación y densidad de tallos en los puntos de registro de datos ambientales.

En los ecosistemas de ribera, las especies invasoras como *Arundo* impiden que buena parte de la luz alcance el lecho, principalmente en verano (Milton & Dean, 2010).

La disminución de los valores de esta variable conforme aumenta la densidad de caña estaría de acuerdo ese efecto.

6.2.2 Temperatura del aire

Los registros de esta variable también se incluyen en los anexos a los informes mensuales. Se trata de una variable homogénea para todo el área de trabajo, tanto entre parcelas como entre bandas ribereñas. Sus valores son prácticamente idénticos con independencia de la banda considerada (Figura 56).

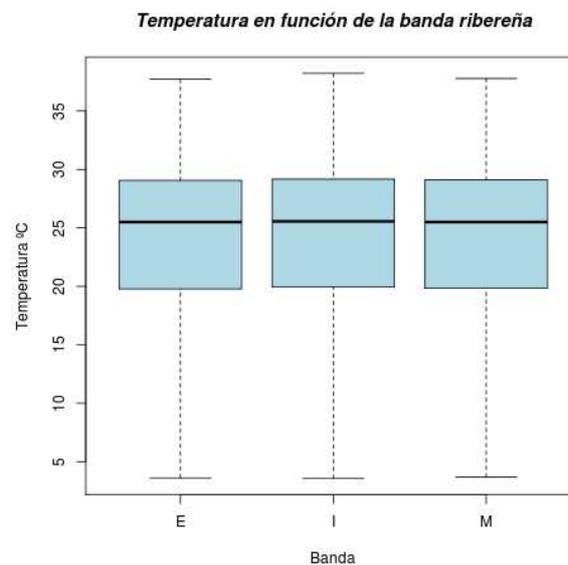


Figura 56. Temperatura del aire en las tres bandas ribereñas consideradas (E=Exterior; I=Interior; M=Media).

Existe una relación significativa -aunque muy débilmente explicativa-, entre la temperatura del aire y la densidad de tallos, que se ajusta a un modelo cuadrático ($p = 6,091 \times 10^{-13}$; $R^2 = 0,0905$). Conforme aumenta la densidad de tallos, la temperatura disminuye (Figura 57), lo que ilustra un cierto efecto amortiguador del cañaveral.

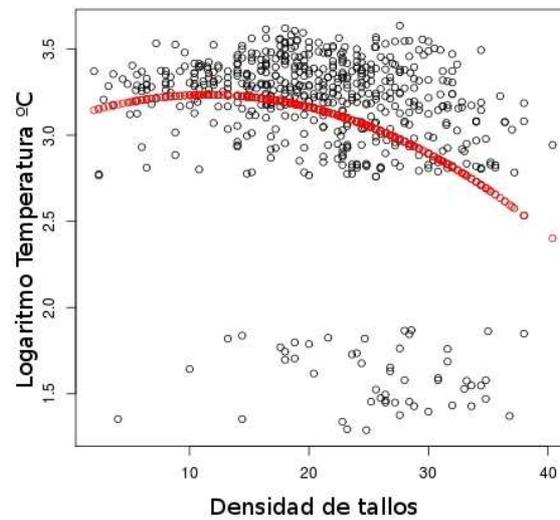


Figura 57. Relación entre la temperatura del aire y la densidad de tallos de poáceas.

6.2.3 Humedad atmosférica

Como en el caso de la temperatura del aire, se trata de una variable homogénea para todo el área de trabajo. Sus valores son prácticamente idénticos independientemente de la banda considerada (Figura 58).

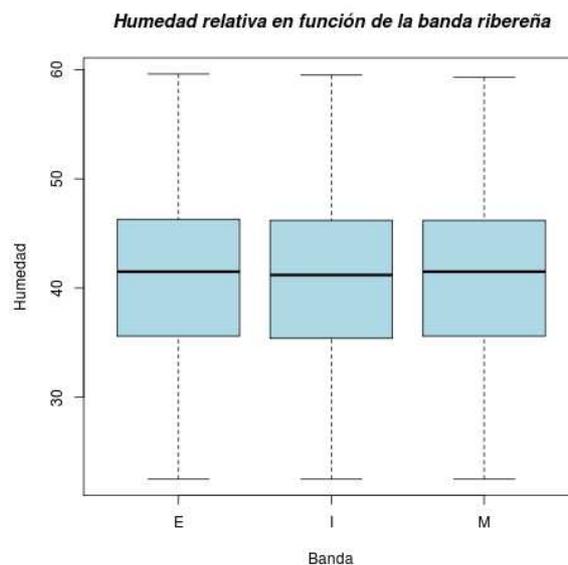


Figura 58. Humedad relativa en las tres bandas ribereñas consideradas (E=Exterior; I=Interior; M=Media).

En este caso, no existe una relación significativa de ningún signo entre esta la variable ambiental y la densidad de tallos.

6.2.4 Variables de caracterización edáfica

Los resultados de las comparaciones entre el conjunto de muestras obtenidas en las parcelas tratadas y las muestras de contraste obtenidas en el cañaveral de la margen opuesta (Tabla 20), no revelan diferencias significativas para ninguna característica excepto para la conductividad.

Variable	P-value	Kruskal-Wallis χ^2
Humedad gravimétrica	0,3261	0,9643
Conductividad	0,0291*	4,7619
CaCO ₃	0,5854	0,2976
N	0,2301	1,4405
C	0,2296	1,4433
C orgánico	0,1266	2,3333
P	0,257	1,2847
K	0,1561	2,0119

Tabla 20. Comparación de los valores de diversas variables de caracterización edáfica entre las parcelas objeto de tratamiento y las muestras de contraste obtenidas en zonas no tratadas de la margen izquierda, mediante el test de Kruskal-Wallis.

Las muestras recogidas inicialmente en las parcelas tratadas tienen en promedio un menor contenido de humedad ($14,72 \pm 1,92\%$) que las muestras de contraste de la margen opuesta ($25,59 \pm 7,68\%$). Esta diferencia es hasta cierto punto contraria a lo que cabría esperar de una planta cuyo consumo de agua es precisamente uno de los rasgos característicos, y el motivo por el que es considerada una especie de alto impacto en zonas áridas (Milton & Dean, 2010). No obstante, dada la notable dispersión de los datos y el hecho de que se tomaron muestras de contraste sólo en tres parcelas de la margen opuesta (no tratada), la diferencias no son significativas (Test de Kruskal-Wallis, $p=0,406$; Figura 59).

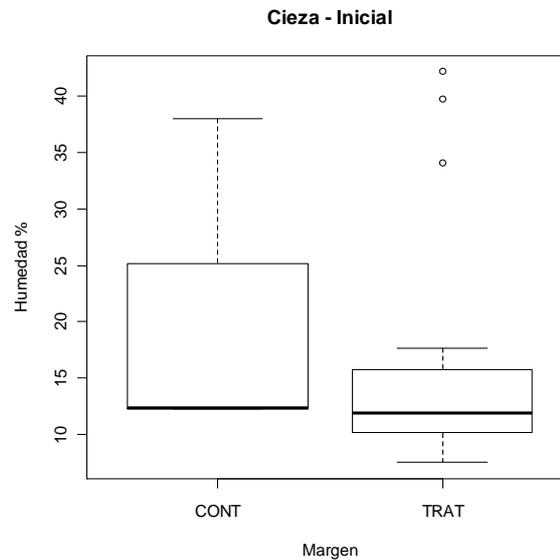


Figura 59. Comparación de los valores centrales del contenido gravimétrico de agua (porcentaje del peso) entre las muestras obtenidas en las parcelas tratadas y sus equivalentes de contraste (margen opuesta).

Aunque en las muestras finales el porcentaje medio de humedad que contienen las muestras no tratadas ($25,88 \pm 10,08$) sigue siendo mayor que el de las tratadas ($16,74 \pm 2,23$), probablemente por las mismas razones que en el muestreo inicial, las diferencias no son estadísticamente significativas (Test de Kruskal-Wallis, $p=0,503$).

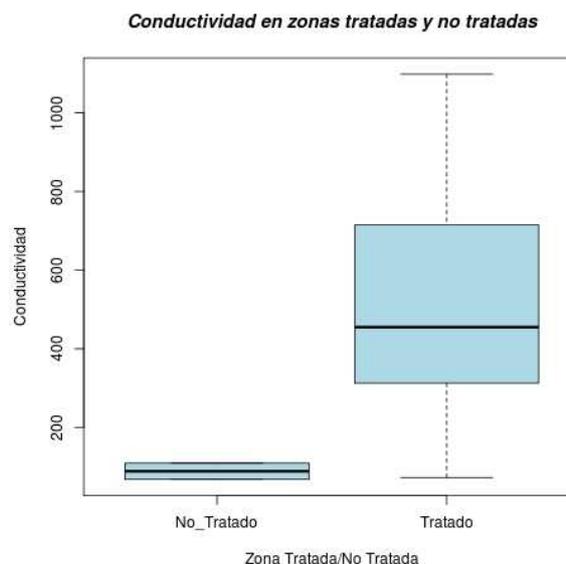


Figura 60. Comparación gráfica de los valores de conductividad entre las parcelas tratadas y las muestras de contraste de la margen opuesta.



La conductividad resulta significativamente menor en las zonas no tratadas (Figura 60). Esto puede guardar relación con el hecho de que las zonas tratadas recibieron aportaciones de tierra vegetal que podría contener una elevada cantidad de sales. Tal como se ha indicado en el apartado 5.5.5, las características generales del suelo aportado no difieren sustancialmente de las de los horizontes superficiales del suelo de la llanura aluvial inmediata, aunque si se apartan de las de la margen opuesta en esta variable, donde podría haberse producido un lavado de sales de los materiales que constituyen el talud fluvial.

Según los autores, *Arundo donax* se considera tolerante a la salinidad moderada (Sanz Elorza *et al.*, 2004) o elevada (Perdue, 1958), e incluso se ha mostrado capaz de producir una alta biomasa bajo condiciones de irrigación con aguas de mala calidad (salinidad $> 9 \text{ dS cm}^{-1}$; Williams *et al.*, 2009). Así mismo, se le atribuye la capacidad de reducir un contenido de humedad muy alto en su zona de enraizamiento, o de disminuir valores altos de salinidad, condiciones bajo las cuales se ve limitado el crecimiento de otras especies (Coffman, 2007), por lo que la propia presencia del cañaveral monoespecífico podría ser responsable de las diferencias observadas con respecto a la zona tratada o los suelos de referencia.

En cuanto a otras variables, aunque sólo están disponibles los valores iniciales, se destaca que los suelos sobre los que se aplican los tratamientos muestran valores comparativamente altos de potasio y fósforo (frente a las muestras de referencia obtenidas en el marco del Proyecto LUCDEME), aunque inferiores en el caso del nitrógeno.

Es bien conocido que *Arundo* puede beneficiarse de concentraciones altas (enriquecidas antropogénicamente) de N y K (Ambrose & Rundel, 2007; Quinn *et al.*, 2007), por lo que al menos este segundo nutriente podría contribuir a la relativamente rápida recuperación del cañaveral. La concentración de N en las muestras de la margen no tratada se asemeja más a la de los muestreos utilizados como referencia, y además aquéllas tienen valores bastante superiores de K y P, ilustrando que puede producirse un cierto enriquecimiento de estos elementos (que deberá ser evaluado con las muestras finales).

6.3 Análisis comparativo de costes y eficacia

6.3.1 Coste unitario de los tratamientos aplicados en la zona de actuación

La tabla 21 detalla los datos relativos al coste de ejecución por unidad de superficie de diferentes tratamientos aplicados al control de *Arundo donax* en la zona de trabajo.

Tratamientos	Coste unitario (€/m ²)
Corta + triturado de cañas mecánicamente	0,62
Corta + triturado de cañas manualmente	3,97
Retirada mecánica rizomas + transporte a vertedero	20,11
Retirada manual rizomas + transporte a vertedero	27,25
Recogida basuras	342,06
Perfilado + preparación del talud	10,08
Instalación del biorrollo	94,4
Instalación manta de esparto	8,34

Tabla 22. Coste unitario en (€/m²) para todos los tratamientos llevados a cabo en las parcelas, excepto para el tratamiento recogida de basuras cuyo coste unitario se describe como (€/jornada), es decir, el coste de dos peones y el jefe de cuadrilla que trabajan una jornada.

Plantaciones	Coste unitario (€/ud.)
<i>Salix sp.</i>	22,66
<i>Tamarix canariensis</i>	61,77
<i>Populus alba</i>	118,73
<i>Erianthus ravennae</i>	38,42

Tabla 23. Coste unitario de las plantaciones (se refiere a la plantación de un individuo en la parcela que correspondiera).

La densidad de plantación es de 30 uds/300 m² (equivalente a 3000 pies/ha) pero en la tabla 23 se expresa como unidad plantada por m². La superficie real objeto de plantación corresponde al porcentaje de superficie finalmente ejecutado, ya que en el presupuesto original se establecía una parcela tipo de 30 m de longitud x 10 m de anchura, sin embargo, una vez comenzó la ejecución se comprobó que la longitud del



talud era variable (desde 4 hasta 11,5 m) por lo que la medición que se utiliza considera el % de más o de menos superficie que ocupa realmente la parcela medida.

El coste total de las plantaciones recoge el coste tanto de los materiales, como de la mano de obra, maquinaria y precios auxiliares necesarios para la realización de las plantaciones en cada una de las parcelas (Tabla 24). Estos costes corresponden a los costes finales por superficie real ejecutada.

Parcela	Plantación	Densidad (uds/m ²)	Superficie real ejecutada (%)	Coste total plantaciones por parcela (€)
CZ02	ERI	0,196	51	218,54
CZ31	ERI	0,141	71	304,24
CZ61	ERI	0,093	101,08	462,78
CZ03	POP	0,089	101,12	2349,51
CZ32	POP	0,143	70	1468,45
CZ62	POP	0,133	75	1573,34
CZ04	TAM	0,084	101,19	1962,69
CZ33	TAM	0,096	101,04	1715,29
CZ63	TAM	0,294	34	560,77
CZ05	ERI	0,139	72	308,52
	POP	0,139	72	1510,40
CZ34	ERI	0,208	48	205,68
	POP	0,208	48	1006,93
CZ64	ERI	0,227	44	188,54
	POP	0,227	44	923,02
CZ10	ERI	0,147	68	291,38
CZ39	ERI	0,169	59	252,82
CZ69	ERI	0,152	70	299,95
CZ11	POP	0,145	92	1929,96
CZ40	POP	0,175	59	1237,69
CZ70	POP	0,152	66	1384,53
CZ12	TAM	0,145	69	1138,03
CZ41	TAM	0,175	57	940,11
CZ71	TAM	0,152	66	1088,55
CZ13	ERI	0,161	62	265,67



Parcela	Plantación	Densidad (uds/m ²)	Superficie real ejecutada (%)	Coste total plantaciones por parcela (€)
	POP	0,156	64	1342,58
CZ42	ERI	0,164	61	261,39
	POP	0,164	61	1279,65
CZ72	ERI	0,152	66	282,81
	POP	0,152	66	1384,53
CZ14	ERI	0,204	49	209,97
CZ43	ERI	0,152	66	282,81
CZ73	ERI	0,152	66	282,81
CZ15	POP	0,119	84	1762,14
CZ44	POP	0,167	60	1258,67
CZ74	POP	0,096	101,04	2181,69
CZ16	TAM	0,145	69	1138,03
CZ45	TAM	0,169	59	973,10
CZ75	TAM	0,143	70	1154,52
CZ17	ERI	0,217	46	197,11
	POP	0,217	46	964,98
CZ46	ERI	0,175	57	244,25
	POP	0,185	54	1132,80
CZ76	ERI	0,091	101,10	471,35
	POP	0,091	101,10	2307,56
CZ18	TAM	0,204	49	808,17
CZ47	TAM	0,175	57	940,11
CZ77	TAM	0,095	101,05	1731,79
CZ19	ERI	0,213	47	201,40
	POP	0,213	47	985,96
CZ48	ERI	0,175	57	244,25
	POP	0,175	57	1195,73
CZ78	ERI	0,156	64	274,24
	POP	0,156	64	1342,58
CZ20	TAM	0,208	48	791,67
CZ49	TAM	0,156	64	1055,56
CZ79	TAM	0,084	101,19	1962,69
CZ21	ERI	0,213	47	201,40
	POP	0,213	47	985,96

Parcela	Plantación	Densidad (uds/m ²)	Superficie real ejecutada (%)	Coste total plantaciones por parcela (€)
CZ50	ERI	0,154	65	278,53
	POP	0,154	65	1363,56
CZ80	ERI	0,106	94	402,79
	POP	0,106	94	1971,91

Tabla 24. Costes totales de plantación por parcela.

Finalmente, en las tablas siguientes se resume el coste total por metro cuadrado de ejecución de cada uno de los tratamientos y de las principales combinaciones de los mismos (Tabla 25), y se relaciona dicho coste con la eficacia alcanzada y la persistencia (3 años¹⁵ en todos los tipos excepto uno, y en promedio en todos ellos), para estimar el coste anual de cada tratamiento (Tabla 26) y poder compararlo con actuaciones similares en otros ámbitos. En la segunda tabla se realiza así mismo una estima del coste total que supondría el mantenimiento de las zonas tratadas durante 15 años mediante cortas anuales de caña y la replantación de un número similar de ejemplares de las especies vegetales ya introducidas en cada parcela. De esta manera se obtiene la equivalencia en años de mantenimiento cotidiano actual (limpieza regular de cañas/carrizos en cauces) del coste final. Este *módulo de mantenimiento* se ha obtenido de la actuación realizada en el paraje del “Soto de la Hijuela” (citado en el apartado 4.3.5), donde tras ese número aproximado de años se ha logrado la virtual eliminación de la caña con carácter permanente, gracias al desarrollo de un bosque galería capaz de impedir su reinstalación vía competencia y sombreado.

MEDIAS POR TRATAMIENTOS (Costes en €/m ²):	Plantación	Corta	Retirada rizoma + transporte	Perfil y prep talud	Revest (manta esparto)	Instal biorrollo	Corta refuerzo (manual)	COSTE TOTAL (€/m ²)
Ret manual	0,000	3,970	27,250	10,080	0,000	17,375	3,970	62,645
Ret manual + Manta esp tot	0,000	3,970	27,250	10,080	8,340	18,493	3,970	72,103
Ret manual + Manta esp par	0,000	3,970	27,250	10,080	4,170	17,006	3,970	66,446
Ret manual + Manta esp alt	0,000	3,970	27,250	10,080	4,170	17,223	3,970	66,663
Ret mecan + Manta esp tot + Eri	1,428	0,620	20,110	10,080	8,340	19,094	3,970	63,643

¹⁵ Aunque los efectos de todos los tratamientos prácticamente se desvanecen a los 23 meses, considerando la densidad media final de caña en las zonas tratadas, la mayoría podrían mantenerse hasta tres años sin requerir una nueva intervención.

MEDIAS POR TRATAMIENTOS (Costes en €/m ²):	Plantación	Corta	Retirada rizoma + transporte	Perfil y prep talud	Revest (manta esparto)	Instal biorrollo	Corta refuerzo (manual)	COSTE TOTAL (€/m ²)
Ret mecan + Manta esp tot + Pop	7,044	0,620	20,110	10,080	8,340	11,909	3,970	62,073
Ret mecan + Manta esp tot + Tam	5,498	0,620	20,110	10,080	8,340	13,601	3,970	62,218
Ret mecan + Manta esp tot + Eri + Pop	8,539	0,620	20,110	10,080	8,340	16,943	3,970	68,603
Ret mecan + Manta esp par + Tam	5,569	0,620	20,110	10,080	4,170	18,680	3,970	63,200
Ret mecan + Manta esp par+ Eri + Pop	8,421	0,620	20,110	10,080	4,170	15,733	3,970	63,104
Ret mecan + Manta esp alt + Tam	5,820	0,620	20,110	10,080	4,170	17,921	3,970	62,691
Ret mecan + Manta esp alt + Eri + Pop	8,421	0,620	20,110	10,080	4,170	15,198	3,970	62,569
Ret mecan + Eri	1,428	0,620	20,110	10,080	0,000	15,274	3,970	51,483
Ret mecan + Pop	6,993	0,620	20,110	10,080	0,000	18,431	3,970	60,204
Ret mecan + Eri + Pop	8,496	0,620	20,110	10,080	0,000	17,709	3,970	60,985
Ret mecan + Tam	5,498	0,620	20,110	10,080	0,000	15,577	3,970	55,855
Testigo	0,000	0,620	0,000	0,000	0,000	13,021	3,970	17,611
Sin retirada + Eri	1,461	0,620	0,000	10,080	0,000	15,974	3,970	32,105
Sin retirada + Pop	7,243	0,620	0,000	10,080	0,000	12,687	3,970	34,600
Sin retirada + Tam	5,874	0,620	0,000	10,080	0,000	12,191	3,970	32,735
Sin retirada + Eri + Pop	8,421	0,620	0,000	10,080	0,000	12,352	3,970	35,443
MEDIAS POR COMB. TRAT:								
Ret manual (no revest-no plant)	0,000	3,970	27,250	10,080	0,000	17,375	3,970	62,645
Ret manual + Manta esparto	0,000	3,970	27,250	10,080	5,560	17,574	3,970	68,404
Ret mecan + Manta esparto + plant	6,190	0,620	20,110	10,080	6,736	16,179	3,970	63,885
Ret mecan + plantación (no revest)	5,882	0,620	20,110	10,080	0,000	16,727	3,970	57,389
Sin retirada + plantación	5,750	0,620	0,000	10,080	0,000	13,301	3,970	33,721
Testigo (sin retirada ni plantación)	0,000	0,620						0,620

Tabla 25. Costes totales para cada tipo de tratamiento y para las principales combinaciones, dentro de los cuales se incluyen los de las tablas anteriores.

MEDIAS POR TRATAMIENTOS (Costes en €/m ²):	COSTE TOTAL (€/m ²)	Eficacia +13 meses	Eficacia +18 meses	Eficacia +23 meses	Persiste (años)	COSTE ANUAL	COSTE TOTAL (inc mant 15 años + replantación)	EQUIVAL AÑOS MANT ACTUAL
Ret manual	62,645	80,800	38,133	23,200	3	20,882	72,492	116,922
Ret manual + Manta esp tot	72,103	83,644	41,244	23,404	3	24,034	75,644	122,007
Ret manual + Manta esp par	66,446	85,422	44,178	25,333	3	22,149	73,759	118,965
Ret manual + Manta esp alt	66,663	85,156	41,156	40,800	3	22,221	73,831	119,082
Ret mecan + Manta esp tot + Eri	63,643	87,467	57,333	36,533	3	21,214	74,253	119,762
Ret mecan + Manta esp tot + Pop	62,073	84,267	53,333	41,600	3	20,691	79,345	127,975
Ret mecan + Manta esp tot + Tam	62,218	92,533	30,311	20,000	3	20,739	77,847	125,560

MEDIAS POR TRATAMIENTOS (Costes en €/m ²):	COSTE TOTAL (€/m ²)	Eficacia +13 meses	Eficacia +18 meses	Eficacia +23 meses	Persiste (años)	COSTE ANUAL	COSTE TOTAL (inc mant 15 años + replantación)	EQUIVAL AÑOS MANT ACTUAL
Ret mecan + Manta esp tot + Eri + Pop	68,603	86,987	49,227	37,707	3	22,868	83,017	133,898
Ret mecan + Manta esp par + Tam	63,200	87,556	56,622	36,000	3	21,067	78,246	126,203
Ret mecan + Manta esp par+ Eri + Pop	63,104	89,333	36,000	49,867	3	21,035	81,066	130,751
Ret mecan + Manta esp alt + Tam	62,691	83,644	49,511	40,800	3	20,897	78,327	126,334
Ret mecan + Manta esp alt + Eri + Pop	62,569	67,644	35,911	24,533	3	20,856	80,887	130,463
Ret mecan + Eri	51,483	87,733	27,467	30,667	3	17,161	70,199	113,225
Ret mecan + Pop	60,204	84,000	35,467	29,600	3	25,241	83,843	135,231
Ret mecan + Eri + Pop	60,985	82,222	42,400	33,511	3	20,328	80,435	129,733
Ret mecan + Tam	55,855	74,400	45,244	17,867	3	18,618	75,726	122,139
Testigo	17,611	56,267	14,667	1,867				
Sin retirada + Eri	32,105	65,751	38,960	28,649	3	10,702	63,773	102,859
Sin retirada + Pop	34,600	75,707	26,044	30,311	3	11,533	70,387	113,527
Sin retirada + Tam	32,735	79,733	25,867	14,667	3	11,208	68,692	110,793
Sin retirada + Eri + Pop	35,443	67,467	42,933	24,267	3	11,814	71,845	115,880
MEDIAS POR COMB. TRAT:								
Ret manual (no revest-no plant)	62,645	80,800	38,133	23,200	3	20,882	72,492	116,922
Ret manual + Manta esparto	68,404	84,741	42,193	30,410	3	22,801	74,411	120,018
Ret mecan + Manta esparto + plant	63,885	84,821	47,764	35,400	3	21,295	79,095	127,572
Ret mecan + plantación (no revest)	57,389	81,333	38,880	27,467	3	19,130	76,622	123,584
Sin retirada + plantación	33,721	71,877	33,261	26,977	3	11,240	68,600	110,645
Testigo (sin retirada ni plantación)	0,620	56,267	14,667	1,867				

Tabla 26. Relación entre coste total de los tratamientos, eficacia media y persistencia, y cálculo del coste anual (considerando el tiempo durante el que no se requiere tratamiento adicional). Se realiza así mismo una stima del coste total que supondría el mantenimiento de las zonas tratadas durante 15 años mediante cortas anuales de caña y la replantación de un número similar de ejemplares de las especies vegetales ya introducidas en cada parcela. De esta manera se obtiene la equivalencia en años de mantenimiento cotidiano actual (=coste de una corta simple anual por medios mecánicos).

Los costes anuales de las combinaciones de tratamientos varían entre 10,7 €/m² (sin retirada+Erianthus) y 24 €/m² (retirada manual+manta esparto total). En promedio, los tratamientos sin retirada+plantación (11,2 €/m² año) cuestan aproximadamente la mitad que los que incluyen retirada mecánica+manta de esparto+plantación (22,8 €/m² año). Los años requeridos para recuperar la inversión añadiendo el coste de mantenimiento durante 15 años, al precio actual de mantenimiento regular de cauces, se situarían entre 110 y 127.



Aunque esas equivalencias en años parecen muy elevadas, hay que pensar que representan el peor de los escenarios, en el cuál hubiera que realizar durante 13 años adicionales, cortas manuales en el 100% de las parcelas, lo cual es muy improbable dada la debilitación de la especie problema por las reiteradas cortas, la competencia creciente y el sombreado ejercido por el arbolado establecido (tal como se ha observado en la zona seleccionada como modelo). Simplemente asumiendo que las necesidades de mantenimiento se reducen a razón de un 10% anual, las equivalencias en años se reducen en un 30%.

En cualquier caso estos costes supondrían una inversión anual, por kilómetro de ribera restaurado (o por hectárea, puesto que se ha referido a una anchura media de 10 m), de entre 45.000 y 48.000 € a lo largo de 15 años (90.000-96.000 € si se contabilizan ambas márgenes), o bien 30.000-37.000 €/ha (=km) asumiendo costes de mantenimiento decrecientes.

Por otra parte, no se puede dejar de señalar que una parte importante de la vegetación problema ha sido sustituida por carrizo (*Phragmites australis*), especie que admitiría métodos de control alternativos que no se consideran aquí, pero que han sido tratados en el estudio paralelo sobre esta especie en el Canal del Reguerón (plantación de especies herbáceas pratenses o helofíticas competidoras, pastoreo, etc.). El control de esta especie podría requerir tratamientos menos intensivos y más efectivos en relación a su coste, que los necesarios para la caña.

6.3.2 Coste unitario de los tratamientos aplicados en otras localidades

En la tabla 27 se incluyen los datos relativos al coste de ejecución por unidad de superficie de diferentes tratamientos aplicados al control de poáceas invasoras en sistemas fluviales de la Península Ibérica, y en su caso, indicadores de eficacia relativa en términos de reducción media (datos del presente estudio), y del coste anual considerando la persistencia del efecto.

Se debe asumir que los tratamientos convencionales (corta) tienen una eficacia limitada a un ciclo de crecimiento de la especie, cuya biomasa es eliminada con periodicidad anual. En el caso del carrizo (*Phragmites australis*) este tipo de acciones de *mantenimiento* a lo sumo tienen una persistencia de 2 años, dependiendo de la precisión en la retirada de los restos de rizoma (Boszke *et al.*, 2005). Para el caso de la caña común se estima que, dado que a los 18 meses de su aplicación el tratamiento de la parcela “testigo” (CZ01) apenas muestra una eficacia del 2%, a lo sumo podría atribuírsele una persistencia de 2 años.

De hecho, aunque se desconoce la periodicidad precisa con la que cada administración hidráulica española realiza cortas para el mantenimiento regular de cauces, el examen de ortoimágenes espaciales o aéreas indica que a los dos años de una corta la formación se ha regenerado totalmente (Figura 61)¹⁶.



Figura 61. Estado de la ribera del río Segura en el paraje del Soto de la Hijuela (Molina de Segura, Murcia), en 2007 y 2009. La margen izquierda ha sido objeto de una restauración ecológica que ha permitido recuperar la estructura del bosque de ribera. La margen derecha, totalmente limpia de caña en 2007 tras una corta, está de nuevo invadida por esta especie dos años después.

¹⁶ Ver, por ejemplo, el área de restauración del “Soto de la Hijuela” (Molina de Segura) entre 2007 y 2009, en www.cartomur.com.



El enfoque que se adopta es, por tanto, valorar la eficacia de los tratamientos en función de la reducción de la densidad con respecto a la máxima esperable en ausencia de un control periódico de dicha biomasa. Cualquier reducción significativa al final de un ciclo de crecimiento implicaría un espacio libre que podría ser consolidado mediante tratamientos adicionales, a la vez que se evitaría (o dilataría en el tiempo) la necesidad de recurrir a sistemas de control convencionales. En este sentido se ha elaborado la propuesta que se presenta en el apartado siguiente.

Por lo demás, el tiempo de retorno a la situación de partida (densidad igual o superior al valor control) sería una medida de la eficacia, de manera que el coste total dividido entre esta variable proporcionaría un valor comparable con el coste anual del tratamiento de eliminación convencional. Para el caso de la caña común en la zona de trabajo de Cieza (presente estudio), se ha estimado que, dado que a los 23 meses de su aplicación los tratamientos mantienen una eficacia superior al 20%, podría atribuírseles una persistencia de 3 años.

Hay que señalar que de los diversos antecedentes recopilados sobre proyectos de control de especies invasoras, referidos a diferentes cuencas hidrográficas (Ebro, Júcar, Duero y Segura), sólo unos pocos se refieren específicamente a la caña común como especie objetivo. De hecho, de 10 proyectos recopilados entre la Cuenca del Segura y otras cuencas ibéricas, sólo 4 citan específicamente a esta especie, si bien en algunos casos las referencias a “carrizos” y “cañas” en los documentos parecen virtualmente intercambiables por lo que el análisis de coste se realiza aquí cómo si los distintos tratamientos se aplicaran exclusivamente a *Arundo donax*. El resto de documentos sólo mencionan explícitamente a *Arundo donax* por lo que han sido omitidos. En los apartados siguientes se compara primero el coste de los tratamientos aplicados en la Cuenca del Segura, y seguidamente con otros ámbitos geográficos y sistemas de tratamiento.

Tratamiento	Eficacia media +18 meses	Persistencia (años)	Coste unitario (€/m ²)	Coste anual (€/m ²)
Retirada manual (no revestimiento-no plantación) ¹	38,133	3	62,645	20,882
Ret manual + Manta esparto ¹	42,193	3	68,404	22,801
Retirada mecánica + Manta esparto + plant ¹	47,764	3	63,885	21,295
Ret mecan + plantación (no revest) ¹	38,880	3	57,389	19,130

Tratamiento	Eficacia media +18 meses	Persistencia (años)	Coste unitario (€/m ²)		Coste anual (€/m ²)
Sin retirada + plantación ¹	33,261	3	33,721		11,240
Corta y triturado mecánico de carrizo ¹	-	1	0,62		0,62
Aditivos (sin desbroce) ¹	6,67	2	Glifosato	0,92	0,46
			Azimsulfuron	0,94	0,47
			Cihalofob-butyl	0,92	0,46
Aditivos (con desbroce) ¹	9,17	2	Glifosato	1,54	0,77
			Azimsulfuron	1,56	0,78
			Cihalofob-butyl	1,54	0,77
Patacabra (+Adobe+paja) ¹	5,72	2	17,04		8,52
Patacabra (+Manta esparto) ¹	17,14	2	8,1		4,05
Patacabra (+Colchón coco) ¹	21,79	3	22,43		7,48
Vertedera (+Adobe+paja) ¹	3,93	2	17,09		8,55
Vertedera (+Manta esparto) ¹	2,14	2	8,15		4,08
Vertedera (+Colchón coco) ¹	-2,86	2	22,48		11,24
Ripper+rotovator (+Adobe+paja) ¹	24,29	3	17,21		5,74
Ripper+rotovator (+Manta esparto) ¹	14,62	2	8,27		4,14
Ripper+rotovator (+Colchón coco) ¹	-2,86	2	22,6		11,3
Retirada rizoma (+Manta esparto) ¹	15,00	2	24,44		12,22
Retirada rizoma (+Colchón coco) ¹	23,57	3	38,77		12,92
Retroexcavadora tipo "araña" (Canal Salinas de S. Pedro) ²	-	1	0,946		0,946
Brazo telescópico hidráulico (Rambla Albuñón) ²	-	1	0,154		0,154
Limpieza Rambla de Miranda ²	-	1	0,104		0,104
Roza manual c/motodesbrozadora ³	-	1	0,085		0,085
Roza mecánica con desbrozadora forestal ³	-	1	0,073		0,073
Desbroce mecanizado+quema ⁴	-	-	1,58		-
Extracción del rizoma ⁴	-	-	2,65		-
Extracción del rizoma (cazo modificado) ⁴	-	-	3,88		-
Aplicación de glifosato sin tratamiento previo ⁴	-	-	0,19		-
Aplicación de glifosato sobre los cortes tras eliminación parte aérea ⁴	-	-	1,59		-
Cubrición mediante geotextil (incluye reconstrucción terraplen) ⁴	-	-	3,92		-
Siega y fumigado ⁵	-	-	1,28		-
Siega y embadurnado ⁵	-	-	8,13		-
Geotextil ⁵	-	-	9,28		-

Tratamiento	Eficacia media +18 meses	Persistencia (años)	Coste unitario (€/m ²)	Coste anual (€/m ²)
Arranque rizoma ⁵	-	-	21,97	-

REFERENCIAS:

- (1) Presente estudio y estudio paralelo SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DEL CARRIZO (*Phragmites australis*) EN LA REGIÓN DE MURCIA.
- (2) Otras actuaciones Cuenca del Segura
- (3) RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE MÁRGENES Y RIBERAS EN CAUCES DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO EBRO (ZARAGOZA, HUESCA Y LLEIDA)
- (4) OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE *Phragmites australis* PARA LA RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE DEL BARRANCO DE AGUA AMARGA A SU PASO POR EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ALICANTE (Cuenca del Júcar)
- (5) RESTAURACIÓN AMBIENTAL DE LAS RIBERAS DEL RIU VERD (Deltoro *et al.*, 2012)

Tabla 27. Comparación de eficacia (+persistencia de los efectos) y coste (expresado como gasto anual) entre tratamientos, incluyendo los evaluados en el presente estudio y otros documentados.

ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL Y ERRADICACIÓN DE <i>Arundo donax</i> L.						
Datos técnicos	Recursos necesarios	Tiempo de ejecución	Afección a la estructura del suelo	Perfil tóxico	Coste económico	
Desbroce aéreo, extracción de rizoma, cubrimiento de la caña con plástico biodegradable y aporte de tierra vegetal.	ALTA	MEDIO	ALTA	BAJO	28,44 €/m ²	CUBRICIÓN
Desbroce aéreo, cubrimiento de la caña con plástico biodegradable y aporte de tierra vegetal.	ALTA	MEDIO	BAJA	BAJO	26,21 €/m ²	
Eliminación de la parte aérea de las cañas.	BAJA	BAJO	BAJA	BAJO	1,03 €/m ²	MECÁNICOS, FÍSICOS Y REPOBLACIÓN FORESTAL
Eliminación de las cañas y plantación de sauces y chopos a alta densidad	BAJO	BAJO	BAJA	BAJO	4,32 €/m ²	
Eliminación de las cañas, extracción de rizoma y plantación arbórea o arbustiva de diversas especies.	BAJO	BAJO	BAJA	BAJO	7,74 €/ud	
Desbroce y eliminación de cañas por inundación.	BAJO	ALTO	BAJA	BAJO	53,74 €/m ²	BIOINGENIERÍA
Eliminación de la caña, extracción del rizoma y protección de la base del talud con fajina viva.	MEDIO/ALTO	MEDIO	ALTA	BAJO	15,15 €/m ²	
Eliminación de la caña, extracción del rizoma y protección de la base del talud con trenzado vivo.	MEDIO/ALTO	MEDIO/ALTO	ALTA	BAJO	11,58 €/m ²	HERBICIDAS
Eliminación de la caña, extracción del rizoma y protección de la base del talud con cobertura de ramas.	MEDIO/ALTO	MEDIO/ALTO	ALTA	BAJO	17,82 €/m ²	
Eliminación de la caña, extracción del rizoma e instalación de biorrollo vegetado.	MEDIO/ALTO	MEDIO	ALTA	BAJO	14,18 €/m ²	
Eliminación de la caña, extracción del rizoma y plantación de herbazales vegetados con helófitos.	MEDIO	MEDIO	ALTA	BAJO	10,93 €/m ²	
Tratamiento químico directamente sobre la caña	MEDIO	BAJO	BAJA	BAJO [siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis adecuadas]	0,25 €/m ²	
Inyección de herbicida (glifosato 54%). 1600 tallos/ha. 8-10 ml tallo.	MEDIO	ALTO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	1,96 €/m ²	HERBICIDAS
Desbroce mecanizado y tratamiento químico (glifosato) con mochila	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	1,28 €/m ²	
Desbroce mecanizado y tratamiento químico (asimsulfuron) con mochila	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	2,35 €/m ²	
Desbroce mecanizado y tratamiento químico (penoxsulam) con mochila	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	2,41 €/m ²	
Desbroce mecanizado y tratamiento químico (profexidim) con mochila	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	2,35 €/m ²	
Desbroce mecanizado y tratamiento químico (cihalofop-butil) con mochila	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJO (siempre que se aplique siguiendo las recomendaciones y dosis)	2,44 €/m ²	

Figura 62. Análisis técnico-económico de los tratamientos evaluados por Jiménez (2012).

A las experiencias recopiladas en la tabla 27 habría que añadir las que ha evaluado Jiménez (2012) en el marco del Proyecto global de I+D+i en el que se integra el presente contrato. Para simplificar la presentación de sus resultados se reproduce directamente la tabla comparativa incluida en dicho trabajo (Figura 62). Los tratamientos más efectivos a los 6 meses de su aplicación son:



- Aplicación de herbicida (glifosato 36%, 10 l/ha) al rebrote
- Aplicación de herbicida (glifosato 36%, 10 l/ha) sin desbroces previos
- Eliminación de las cañas con extracción de rizoma, retirada de restos a vertedero y cobertura con ramas vivas
- Eliminación de las cañas sin extracción de rizoma, retirada de restos a vertedero y cubrición con geotextil
- Eliminación de las cañas con extracción de rizoma, retirada de restos a vertedero y cubrición con geotextil

Los tratamientos con herbicida son los más económicos (0,25 a 1,96 €/m²), dependiendo de si se trata de una aplicación directa o previo desbroce. Su coste está dentro del rango de los tratamientos químicos incluidos en el proyecto realizado en el Canal del Reguerón (Robledano & Esteve, 2011; Tabla 27) o es incluso ligeramente inferior. La extracción del rizoma seguida de cobertura de ramas tiene un coste de 17,82 €/m² (Figura 62) más elevado que la mayoría de tratamientos expuestos en la Tabla 27, pero más económico que todos (excepto uno) de los aplicados en el Reguerón y en el presente contrato. Por su parte, los tratamientos que incluyen cubrición con geotextil (Figura 62) tienen un coste superior (26-28 €/m²) a todos los incluidos en la tabla 27. Finalmente, Jiménez (2012) destaca por su efectividad el tratamiento mediante inundación (Figura 62), el más caro con distancia sobre todos los restantes (>50 €/m²).

6.3.3 Comparación frente a tratamientos similares en localidades afines

De los tratamientos objeto del presente seguimiento (Tabla 27), prácticamente todos resultan más costosos para una misma efectividad (11,2-20,8 €/año), que cualquiera de los aplicados en otras localidades de la Cuenca del Segura (máximo de 12,92 €/año para tratamientos frente a carrizo en el Reguerón).



La persistencia atribuida a los tratamientos aplicados en el área de trabajo de Cieza es normalmente de 3 años, lo cual dado su elevado coste total los hace difícilmente competitivos con respecto al mantenimiento habitual. No obstante, tal como se ha indicado anteriormente, si se aplicaran acciones regulares de repaso (corta manual anual de la caña) durante 15 años parece probable que se alcanzara una situación capaz de automantenerse sin apenas intervención humana (bosque de ribera estructuralmente complejo y funcionalmente viable). Aún así se necesitarían entre 70 y 100 años para amortizar la inversión con relación a los costes de un mantenimiento cotidiano al uso, lo cual tampoco parece un tiempo excesivo si se consideran los tiempos de las restauraciones forestales *clásicas*¹⁷, y las actuaciones de vigencia indefinida que representarían la alternativa continuista.

La combinación de tratamientos más económica en términos de coste anual (corta sin retirada de rizoma + plantación) supera los 11 €/m². Incluso este valor está por encima de la mayoría de los tratamientos con herbicida (1,2-9,28 €/m²) ensayados en la cuenca del Júcar (Río Verd; Deltoro *et al.*, 2012), aunque bastante por debajo del tratamiento más costoso empleado en esta zona, el arranque de rizoma con retroexcavadora (21,97 €/m²). Este tratamiento, incluyendo el coste de los jornales para el repaso de las actuaciones, se aproxima bastante al coste anual de los tratamientos aplicados en Cieza que incluyen revestimiento y/o plantación.

Aunque a los tratamientos empleados en el Río Verd (Deltoro, 2012) se les atribuye una efectividad del 100%, se desconoce su persistencia a medio plazo y las acciones encaminadas a garantizar el establecimiento de vegetación autóctona y a evitar la eventual colonización posterior por *Arundo*. Hay que señalar que ninguno de los casos analizados incluye la plantación de especies forestales orientada a recuperar la composición y estructura del bosque de ribera, si bien la restauración de éste generalmente es el objetivo final subsiguiente al control mecánico, físico o químico de *Arundo* (Bell, 1997; Oakins, 2011; Lawson *et al.*, 2005; Jiménez, 2012).

El desbroce seguido de plantaciones, si se complementa con un control regular (tanto del rebrote de la caña como de la supervivencia de las especies plantadas), es una

¹⁷ Casos representativos serían las reforestaciones de Sierra Espuña (Murcia, 1891), Dunas de Guardamar (Alicante, 1896), obra de los ingenieros R. Codorniu y F. Mira, con tiempos de ejecución de hasta 54 y 28



opción casi tan eficaz como la retirada manual del rizoma, que duplica su coste. El uso de revestimientos sobre zonas objeto de corta y extracción mecánica del rizoma sólo resulta ligeramente más eficaz que los tratamientos antes citados, siendo su coste también bastante elevado. Con todo, tanto en lo que se refiere a revestimientos como a otras técnicas de bioingeniería, existen soluciones aplicadas en otras áreas que podrían ser útiles en el área problema de la Cuenca del Segura. La baja densidad de la manta orgánica utilizada ha hecho que ejerza una función más de sujeción del terreno que de barrera frente a la emergencia de los rebrotes, existiendo otras alternativas más eficaces en esta última función, como fajinas o trenzados vivos de especies riparias que han demostrado gran capacidad de enraizamiento en otros proyectos (Jiménez *et al.*, 2012). Finalmente, la densidad de plantación de especies riparias autóctonas utilizada en Cieza parece baja y existen dudas sobre la idoneidad de los formatos y ecotipos empleados, especialmente en el caso de *Populus alba*, lo que podría explicar su baja supervivencia y escaso protagonismo en el control de la especie problema.

6.3.4 Comparación con otras localidades y sistemas de tratamiento

La bibliografía y documentación sobre métodos de control de *Arundo* es extensa y se ha generado preferentemente a partir de las experiencias desarrolladas en aquellas zonas y situaciones en las que la especie es percibida indiscutiblemente como invasora (Bell, 1997; Boose & Holt, 1999). Por este motivo, la eliminación o control de esta especie como medida de mantenimiento de infraestructuras hidráulicas está menos extendida y documentada en la Península Ibérica, y quizá sea en las áreas mediterráneas españolas precisamente donde menos experiencia se ha desarrollado ante la percepción de que se trata de una especie nativa e incluso beneficiosa (García-Novo *et al.*, 2007).

En referencia al carrizo (*Phragmites australis*), especie estrechamente relacionada y frecuentemente asociada en los cauces, algunos autores han argumentado incluso que su invasión es aceptable porque proporciona tres servicios ecosistémicos (hábitat, estabilización del sustrato, y retención y retirada de nutrientes), lo cual ha suscitado no poca polémica en ámbitos científicos (Hershner & Havens, 2008; Martin & Blossey, 2009). Pese a que su valor para la biodiversidad es considerablemente inferior al del carrizo, con

años, respectivamente, y efectos constatables a mucho más largo plazo.

frecuencia la caña común salta directamente de los listados de especies problema en medios fluviales, a los de especies potencialmente utilizables en la restauración. No obstante, la resistencia mecánica que ejercen los cañares, y la capacidad que tienen sus restos de obstruir infraestructuras hidráulicas (Hoshovsky, 1998), obliga a considerar su presencia en la prevención de inundaciones (Oakins, 2001; García Lorenzo, 2010), siendo este -y no la restauración de la integridad ecológica del corredor fluvial- el principal motivo de su corta periódica.

Por este motivo, la información publicada sobre la eficacia de otros sistemas de control aplicados al carrizo en contextos similares al estudiado aquí resulta escasa, lo que dificulta el análisis comparativo de cualquier indicador de rendimiento frente al coste económico unitario de su aplicación. Los costes previamente estimados, entre 45.000 y 48.000 €/km lineal o ha de ribera (o bien 30.000-37.000 €, asumiendo costes de mantenimiento decrecientes), se asemejan bastante a los que calculan Lawson *et al.* (2005) para la erradicación de *Arundo donax* en la cuenca del Río Sta. Margarita en California. Estos autores estiman dicho coste en US\$ 49.000 ha⁻¹, incluyendo el control inicial y 19 años de mantenimiento, equivalente a 37.300 €/ha al cambio actual.

Especie objetivo	Actuación	Lugar y año	Coste unitario aproximado (€/ha)	Origen de los datos
Caña (<i>Arundo donax</i>)	Eliminación mecanizada de planta completa mediante triturado sin gestión en vertedero (zonas de fácil acceso)	Cuencas internas de Cataluña	10.000	ACA ¹
	Eliminación mecanizada de planta completa de caña y otra vegetación no leñosa (gestión en vertedero)	Río Mijares, 2007	12.019	Proyecto
	Eliminación mecanizada de planta completa (triturado y gestión en vertedero)	Río Llobregat, 2006	35.301 (44% corresponde al canon de vertido)	Proyecto
	Eliminación manual de parte aérea, con gestión en vertedero, y tratamiento químico selectivo (zonas de acceso difícil)	Cuencas internas de Cataluña	30.000 - 70.000	ACA ¹

¹ Información facilitada desde la Agencia Catalana del Agua.

Tabla 28. Coste unitario de actuaciones para el control de macrófitos emergentes ejecutadas o proyectadas en España. Fuente: CEDEX, 2009 (Borrador).



Otras estimas recogidas en la bibliografía, referidas al control a través de la restauración del bosque de ribera, son del mismo orden de magnitud aunque casi cuatro veces inferiores (US\$ 10.000 ha⁻¹; Sanz-Elorza *et al.*, 2004). La única revisión actualizada conocida, a nivel estatal, de costes unitarios de eliminación de EEIs en el marco de la aplicación en España de la Directiva Marco del Agua (Catalinas *et al.*, 2010¹⁸) proporciona un rango de costes de 10.000 a 70.000 € (Tabla 28).

Por su parte Lawson *et al.* (2005) citan costes de hasta US\$ 19.000 ha⁻¹ para la retirada mecánica de *Arundo* sin contar con la gestión de la biomasa. En general los tratamientos que sólo utilizan herbicida son más económicos pero superan los US\$ 10.000 ha⁻¹ incluyendo tres años de tratamiento de refuerzo (tras el tratamiento inicial el coste del repaso cae un 85% y no cambia significativamente en los años sucesivos).

En Sudáfrica, Milton & Dean (2010) estiman un coste de US\$ 7.400 por hectárea de ribera restaurada, incluyendo la erradicación de una especie invasora y la restauración de la vegetación riparia indígena. En función sólo del impacto sobre los recursos hídricos se tardarían 17 años en recuperar el coste total, tras lo cual los beneficios ecológicos, sociales y económicos de la restauración quedarían indefinidamente a disposición del público. Nótese que el rango temporal estimado en este caso para la amortización de los costes de restauración, es muy similar al tiempo que se considera necesario para generar una situación ecológicamente sostenible, sin necesidades adicionales de mantenimiento intensivo (1-2 décadas). En nuestro caso el tiempo de recuperación de costes, estimado aquí groseramente, sería mucho más largo (del orden de decenas de décadas), cuando lo ideal sería que dichos periodos se aproximaran lo más posible.

En este sentido, la recuperación de los costes podría ser mucho más rápida si se contabilizaran los beneficios ambientales derivados de la restauración ambiental. La inversión puede incluso tener una relación coste/beneficio directamente favorable para la sociedad. De acuerdo con el análisis de Seawright *et al.* (2009), considerando el ahorro de agua que puede quedar a disposición de la agricultura, el beneficio de un programa de

¹⁸ Sintetiza la *Guía técnica para la caracterización de medidas* del CEDEX. Versión consultada: http://www.chj.es/es-es/ciudadano/participacion_publica/Documents/Plan%20Hidrol%C3%B3gico%20de%20cuencia/Guia_tecnica_para_caracterizacion_medidas_CEDEx.pdf



liberación de agentes biológicos (insectos herbívoros), equivale a 4,38 dólares USA por cada dólar de inversión pública.

De los restantes tratamientos que se recogen en la tabla 27 ejecutados en otras cuencas hidrográficas, se desconoce la duración de sus efectos, pero aun considerando la peor de las situaciones (1 año de persistencia), la mayoría resultan más económicos. Sólo el desbroce mecanizado y quema de la vegetación eliminada resulta más caro en el proyecto de la Cuenca del Júcar (1,58 €/m²) si se compara con la corta mecánica y trituración que precede a otros tratamientos en nuestra zona de trabajo (0,62 €/m²).

Por otra parte, los tratamientos objeto del presente seguimiento se han diseñado como medidas de alto coste de las que cabría esperar una alta persistencia, aunque probablemente ésta dependa del mantenimiento o de la aplicación de medidas complementarias. En consecuencia, el enfoque se ha basado en la integración de tratamientos mecánicos, físicos y de restauración vegetal (Ashour, 1990; Monteiro et al., 1999; Turner & Warren, 2003). Una estrategia alternativa que se consigna en muchas revisiones y estudios sobre control de *Phragmites* y *Arundo* es la repetición de los mismos tratamientos durante varios años hasta lograr la eliminación de la especie problema (Marks et al., 1993; Turner & Warren, 2003; Lavoie, 2008; Deltoro et al., 2012). Parece que ambos enfoques serían reconciliables si se asume que una actuación duradera es difícil de lograr sin combinar una intervención inicial enérgica con actuaciones posteriores de refuerzo y/o mantenimiento (Boszke et al., 2005).

Por todo lo anterior, harían falta estudios económicos que evalúen y contabilicen los beneficios ambientales derivados del control de *Arundo*, como parte de un análisis coste-beneficio de las actuaciones. Sólo de esta manera se podrían justificar, no sólo los costes de las actuaciones iniciales, sino la continuidad de las mismas a través de actuaciones de repaso de intensidad decreciente (cortas adicionales, preferentemente manuales) durante un periodo no inferior a 15 años.



7. OTROS TRABAJOS REALIZADOS

7.1 *Visitas y reuniones de trabajo*

7.1.1 **Visita a la zona de actuación (Abril 2011)**

El 11 de abril de 2011 se realizó una visita a uno de los tramos de actuación, junto con el equipo de la Universidad de Alicante que desarrolla un proyecto paralelo en el Bajo Segura. Esta visita formaba parte de una jornada de intercambio de experiencias promovida por la Comisaría de Aguas de la Cuenca del Segura, en la que tras una reunión en la sede de dicho organismo, se realizó un recorrido de campo por las dos zonas de Murcia (Cieza y Reguerón) en las que se han ejecutado actuaciones de I+D+i para el control de especies invasoras (*Arundo* y *Phragmites*, respectivamente). En ella participaron miembros de los equipos de las dos universidades (Murcia y Alicante) implicadas en el seguimiento de estas actuaciones en la Cuenca del Segura, técnicos de la Comisaría de Aguas y de TRAGSA, y el propio Comisario de Aguas.

Durante dicha visita se comprobó la nidificación en la zona de actuación del Pájaro Moscón (*Remiz pendulinus*) especie típicamente riparia cuya presencia ya había sido detectada previamente, y que se asocia a la persistencia de ejemplares arbóreos. Junto con la Nutria (*Lutra lutra*), detectada en 2010 por la presencia de excrementos y huellas (recién finalizada la ejecución inicial), esta especie ilustra un estado de conservación relativamente bueno del sistema fluvial, y la posibilidad de recuperar un nivel alto de calidad biológica y ambiental a través del proyecto (ver imágenes en Anexo 5).

7.1.2 **Visita al proyecto paralelo desarrollado por la Universidad de Alicante (Junio 2011)**

El 6 de junio de 2011 se realizó una visita a las zonas de actuación del proyecto paralelo que ha desarrollado la Universidad de Alicante en Guardamar del Segura,



cubriendo distintos sectores de actuación del lecho antiguo y del nuevo cauce del Segura, además de las parcelas experimentales (piscinas) que se están poniendo a punto para evaluar la eficacia de tratamientos con herbicida sobre *Arundo donax* y *Phragmites australis* (ver Anexo 6).

Aunque algunos de los tratamientos aplicados en Guardamar son similares a los utilizados en Cieza, ni las zonas de actuación son equiparables ni los resultados hasta ahora obtenidos de los respectivos seguimientos son transferibles entre ambas zonas. No obstante, el intercambio de experiencias y la observación *in situ* de la eficacia de los tratamientos de control y restauración aplicados resulta de gran utilidad para los equipos investigadores a cargo de los dos contratos.

7.1.3 Incidencias registradas durante el periodo estival (julio-septiembre 2011)

En los muestreos correspondientes al periodo estival, y especialmente en el muestreo de agosto, se ha observado un uso muy intenso de la zona de trabajo por la población local. Pese a los evidentes impedimentos que conlleva el desarrollo de la vegetación de ribera (tanto la especie problema como las plantaciones), no era raro que se produjera el acceso al río a través de las parcelas de seguimiento. Lo cual no ha supuesto, en cualquier caso, un deterioro de los revestimientos ni de los individuos plantados.

7.1.4 Jornada de presentación de resultados (Octubre 2011)

El 14 de octubre de 2011 se celebró una jornada de presentación de los trabajos desarrollados en el marco de las “Actuaciones de I+d+i de optimización de los sistemas de eliminación y control de cañaverales y técnicas de bioingeniería”. Esta reunión se realizó en Madrid, en la sede del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, contando con representación de las Confederaciones Hidrográficas del Ebro, Tajo, Júcar y Segura, de la Subdirección de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico (Dirección General del Agua), de diversos miembros de la Dirección Técnica y el Departamento de I+d de TRAGSA, y de los equipos investigadores de las Universidades



de Alicante y Murcia encargados del seguimiento de las actuaciones en la Cuenca del Segura. En el Anexo 11 se incluye el orden del día de la jornada y como Anexo 12 el contenido de la presentación del equipo investigador firmante del presente Informe, que contiene las principales conclusiones y propuestas derivadas de los periodos de seguimiento ya completados en dicha fecha.

7.2 Evaluación de la respuesta de la avifauna riparia

En el apartado 7.3 se expone la propuesta de Seguimiento Biológico, elaborada en su momento a petición de la Comisaría de Aguas de la Cuenca del Segura. Aunque dicha propuesta no ha podido hasta la fecha ser materializada, el equipo investigador puso en marcha un programa de muestreo de aves mediante redes japonesas. Este programa ha permitido realizar una evaluación inicial, indispensable para cualquier seguimiento o evaluación posterior del éxito de la restauración, utilizando a la comunidad de aves de ribera como bioindicador. Esta parte del estudio ha sido posible gracias a la participación de anilladores expertos que han aportado de forma altruista la labor técnica necesaria para su realización. Además, el trabajo representa una contribución, basada en la *ciencia ciudadana*, al estudio de la migratología y conservación de la avifauna española.

7.2.1 Objetivos y diseño del muestreo

El objetivo general ha sido conocer cómo responde la biodiversidad riparia a los tratamientos aplicados, utilizando la comunidad de aves como bioindicadores ecológicos de la calidad del hábitat de ribera. Para ello se instalaron tres baterías de redes japonesas de 36 metros, en tres zonas morfoestructuralmente diferentes del margen derecho del río. En total se usaron 108 m de redes japonesas.

El horario de captura fueron las cinco horas siguientes al amanecer. Las aves fueron marcadas unicamente con anillas metálicas con los remites: Ministerio de Medio Ambiente ICONA Madrid y Ministerio de Agricultura ICONA Madrid, colocadas en el tarso.

En la ficha de campo de anillamiento se recogieron los siguientes datos referidos a cada individuo: **Fecha** y **hora** de captura/recaptura; **edad** según código EURING



(EURING, 1979) y **sexo** estimados según Jenni & Winkler (1994) y Svensson (1992) para passeriformes; **longitud alar** (cuerda máxima) según Svensson (1992); **longitud de la 3ª primaria** (en forma centrípeta o ascendente) (Svensson, 1992); **longitud de cola** mediante el método polaco o de 90° (Svensson, 1992); **peso** medido con una balanza digital de precisión 0,2 g; **longitud del tarso** (Svensson, 1992) medida con un calibre digital de 0,01 mm de precisión; **grasa acumulada** en las regiones interclavicular y abdominal Kaiser (1993).

Las salidas de anillamiento se hicieron coincidir con los periodos de migración (prenupcial y postnupcial) y los periodos reproductor e invernacional (Tabla 29).

Fecha	Periodo
28/04/2010	Prenupcial
05/10/2010	Postnupcial
10/11/2010	Postnupcial
13/01/2011	Invernacional
31/03/2011	Prenupcial
18/04/2011	Prenupcial
21/09/2011	Postnupcial

Tabla 29. Fechas de los muestreos de passeriformes en la zona de actuación.

Las características fisionómicas de cada zona fueron:

Zona A – Correspondiente con la parcela Testigo del estudio (parcela CZ1) en la cual se realizó un proceso inicial de corta de caña sin ninguna actuación posterior. Por lo tanto, la zona revirtió con rapidez a las densidades iniciales de caña. Además, en la segunda línea de ribera encontramos ejemplares de *Populus alba* de gran porte que mejoran las condiciones estructurales del margen de la ribera. El estrato arbóreo proporciona refugio y alimento además de ser una zona potencial de nidificación. Un estrato arbóreo complejo y bien desarrollado contribuye a una mejora de la calidad ambiental y con ello un aumento de la biodiversidad (Figura 63).

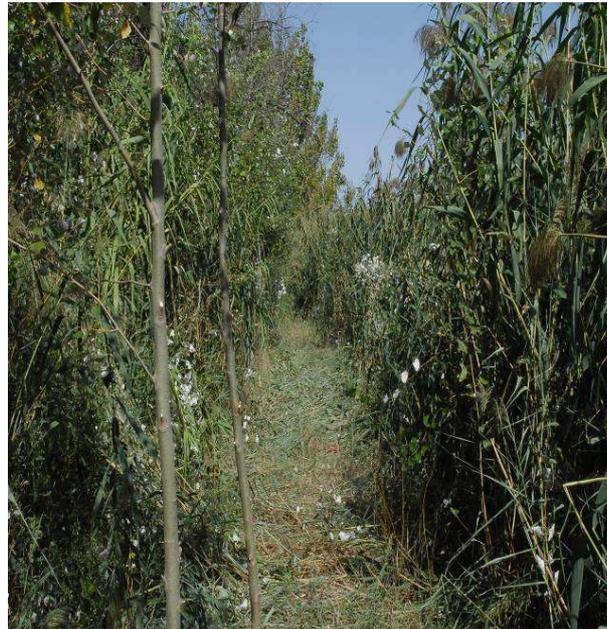


Figura 63. Pasillo donde se instalaron las redes correspondientes a la zona A de trampeo, con la presencia al fondo de los álamos situados en segunda línea de ribera.

Especies como el Pájaro Moscón (*Remiz pendulinus*) necesitan una estructura arbórea adecuada para la construcción de sus nidos en las ramas péndulas sobre el lecho del río (Infante, 2003). Esta es una estrategia para evitar que los depredadores alcancen el nido ya que la estructura cerrada del mismo lo mantiene resguardado y camuflado entre el follaje arbóreo. Es una especie indicadora de una buena heterogeneidad vertical del hábitat (Figura 64).



Figura 64. Pájaro Moscón (*Remiz pendulinus*) capturado en la zona de actuación.

Zona B – Se corresponde con las parcelas CZ78 (retirada mecánica + esparto paralelo + Pop) y 77 (retirada mecánica + manta esparto paralelo + Tam). Los tratamientos llevados a cabo impidieron el crecimiento de la caña en densidades elevadas (Figura 65). Esto unido a la fisonomía de la ribera, hacía que la visibilidad de las redes instaladas fuera media, lo cual se vio reflejado directamente en el número de capturas. La eliminación inicial de la caña en esta zona repercutió en el crecimiento posterior del carrizo (*Phragmites australis*). Esta especie supone una importante fuente de recursos para numerosas especies de aves que consumen las semillas. Entre ellas cabe destacar al escribano palustre (*Emberiza schoeniclus*) que acudía asiduamente a las zonas colonizadas por carrizo.

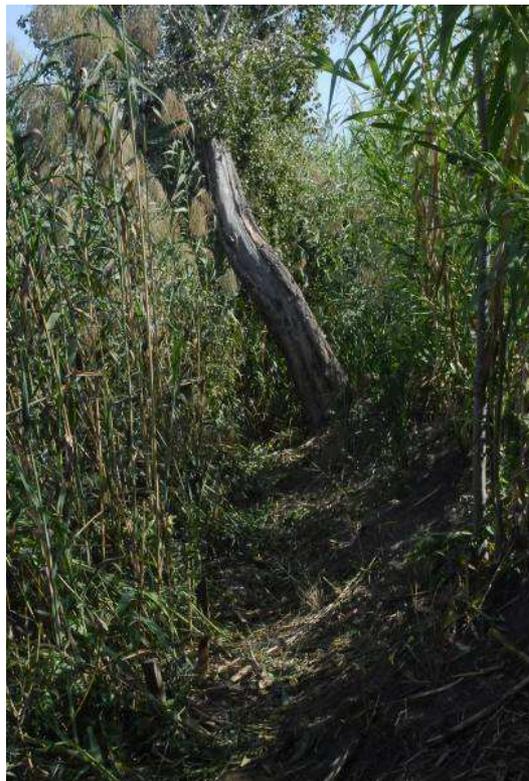


Figura 65. Pasillo entre la vegetación donde se instalaron las redes correspondientes con la zona B.

Además, cabe destacar la presencia de dos ejemplares arbóreos de gran porte, un fresno (*Fraxinus angustifolia*) y un álamo blanco, que dan heterogeneidad al conjunto. También aparecieron elementos vegetales de interés como es el Lirio amarillo (*Iris pseudacorus*), indicadoras de una mejora del ecosistema. Aún así, la cobertura vegetal

no era lo suficientemente densa como para provocar un aumento considerable de la actividad ornítica. Tampoco proporcionaba una buena ocultación de las redes.

Zona C – Estas redes se instalaron fuera de la zona de actuación del proyecto de I+D+i, aunque inmediata a la misma (Figura 66); correspondería con el estado de la ribera antes de la intervención, donde cabría esperar la comunidad de aves característica del cañaveral de Cieza antes de la actuación. Dado el carácter cerrado de la formación, la instalación de estas redes fue idónea, quedando totalmente ocultas para las aves.

A priori esta zona podía ser usada por la avifauna como fuente de recursos, como zona de paso y como zona de dormitorio. Esto unido a las altas densidades de tallos y a su altura, hicieron que las expectativas iniciales fueran bastante altas.



Figura 66. Pasillo abierto en la zona sin tratar (zona C) con las redes japonesas instaladas.

7.2.2 Variación espacial y temporal de las capturas e índices derivados

Para estudiar la variación de las capturas se utiliza como referencia el número de aves capturadas por metro de red (Figura 67). Se observa como la zona A es la que muestra una mayor regularidad temporal en el número de capturas.

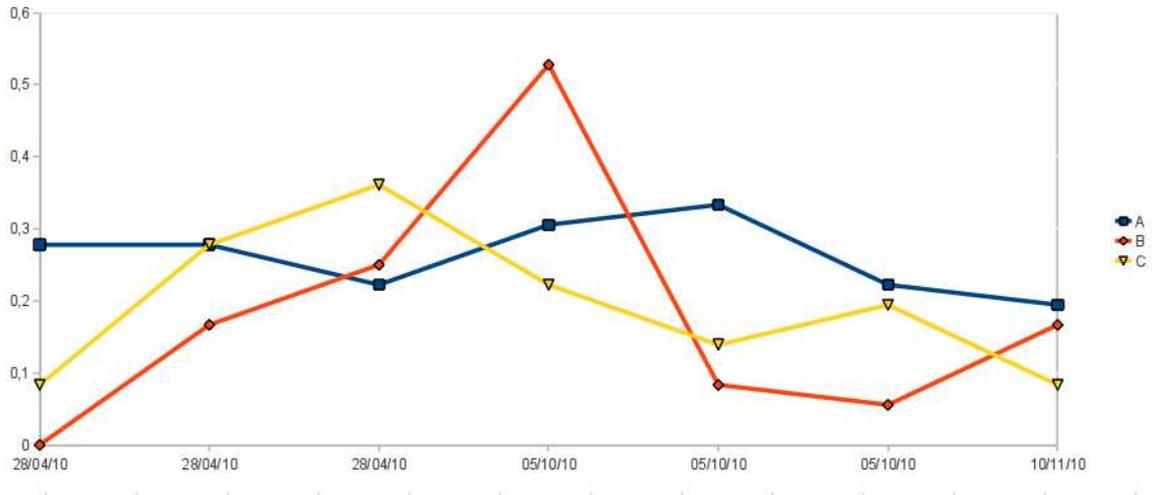


Figura 67. Variación temporal del número total de capturas por metro de red en las distintas zonas de muestreo.

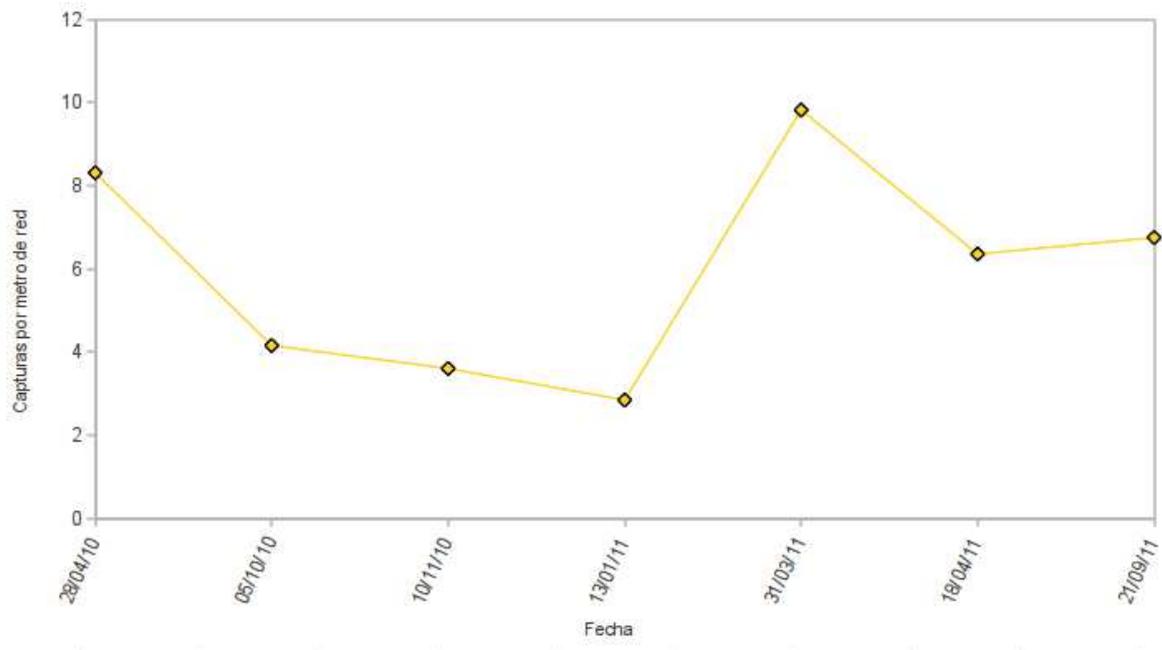


Figura 68. Variación temporal del número total de capturas por metro de red en las zonas de muestreo consideradas conjuntamente.



Lo anterior informa de la importancia de la estructuración vertical de la vegetación, necesaria para asegurar una comunidad de aves que se mantiene en el tiempo. Conforme se va empobreciendo dicha estructura, el rendimiento de capturas fluctúa mucho en el tiempo, dependiendo los máximos y mínimos de factores locales o de manifestación aleatoria, como fuentes de recursos esporádicas o uso de determinadas zonas en paso.

Analizando la evolución del rendimiento conjunto de las tres zonas por fechas (Figura 68) se observa que es el periodo de invernada cuando menos capturas por unidad de esfuerzo se realizan. Esto podría estar indicadno que la zona de ribera estudiada es aprovechada por la comunidad de aves como zonas de paso, y no tanto como zona estancia (cría, dormitorio, alimentación).

7.2.3 Influencia del estado y la gestión del área de seguimiento sobre la avifauna riparia

A continuación se realiza un análisis de la comunidad de aves según los periodos estudiados, destacando dentro de ellos los rasgos más característicos de las ornitocenosis presentes en cada zona de captura. Se intenta con ello relacionar la estructura de la vegetación resultante de los tratamientos, con las especies detectadas (en especial con aquéllas a las que puede atribuirse un papel bioindicador).

Destaca la primera zona (A) como la más rica en especies. Como ya se ha mencionado, resulta esperable que la presencia de un estrato arbóreo ya desarrollado favorezca la presencia de una mayor diversidad de aves en la zona.

Periodo prenupcial: Consta de tres jornadas de anillamiento en el periodo primaveral que comprende los meses de Marzo y Abril (Tabla 30).

Fecha	Zona	Especie	Nº individuos capturados
28/04/10	A	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	2
28/04/10	A	<i>Lanius senator subsp senator</i>	1
28/04/10	A	<i>Luscinia megarhynchos</i>	3



Fecha	Zona	Especie	Nº individuos capturados
28/04/10	A	<i>Motacilla alba</i>	1
28/04/10	A	<i>Passer domesticus</i>	2
28/04/10	A	<i>Turdus merula</i>	1
28/04/10	C	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1
28/04/10	C	<i>Passer domesticus</i>	1
28/04/10	C	<i>Turdus merula</i>	1
Total capturas:			13
31/03/11	A	<i>Cettia cetti</i>	1
31/03/11	A	<i>Motacilla alba</i>	1
31/03/11	A	<i>Passer domesticus</i>	2
31/03/11	A	<i>Phylloscopus collybita</i>	2
31/03/11	A	<i>Sylvia atricapilla</i>	3
31/03/11	A	<i>Turdus merula</i>	3
31/03/11	B	<i>Motacilla alba</i>	3
31/03/11	C	<i>Parus major</i>	1
31/03/11	C	<i>Sylvia atricapilla</i>	3
31/03/11	C	<i>Sylvia melanocephala</i>	1
Total capturas:			20
18/04/11	A	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1
18/04/11	A	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1
18/04/11	A	<i>Luscinia megarhynchos</i>	2
18/04/11	A	<i>Parus major</i>	1
18/04/11	A	<i>Passer domesticus</i>	1
18/04/11	A	<i>Remiz pendulinus</i>	1
18/04/11	A	<i>Sylvia melanocephala</i>	1
18/04/11	B	<i>Parus major</i>	2
18/04/11	C	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	3
18/04/11	C	<i>Cettia cetti</i>	1
18/04/11	C	<i>Luscinia megarhynchos</i>	2
18/04/11	C	<i>Turdus merula</i>	1
Total capturas:			17

Tabla 30. Capturas por zonas y especies correspondientes al periodo prenupcial.



Zona A: Caracterizada por arbolado maduro y cañaveral. En ella se capturaron un total de 13 especies de aves, siendo esta la zona con mayor riqueza de las tres muestreadas. Las especies bioindicadoras capturadas en la zona fueron:

Pájaro moscón (*Remiz pendulinus*): Es un ave que necesita de una alta heterogeneidad ambiental para su ciclo biológico. En la época de reproducción utiliza una horquilla terminal de una rama flexible de taray, sauce o de chopo para sujetar en ella su nido. El nido está situado normalmente sobre una rama delgada y flexible que baja en dirección al suelo. Su dieta se compone de pequeños invertebrados, arañas e insectos y sus larvas, que encuentra entre flores y yemas de chopos, sauces y carrizos; en invierno añade materia vegetal a base de brotes y semillas de sauces. Es una especie ligada a zonas húmedas, tanto a márgenes de humedales como a cauces fluviales. Se mueve con facilidad por los tallos del carrizo donde se alimenta y refugia.

La captura de Pájaro moscón en esta zona indica que la presencia de vegetación arbórea madura ligado a una zona de carrizal denso favorece a la especie.

Alcaudón común (*Lanius senator senator*): Es un ave estival que utiliza posaderos para capturar a sus presas. La presencia de arbolado en la zona y el mosaico compuesto por campos de cultivo y la vegetación de ribera favorecen la presencia de esta especie tan singular (Hernández, 2003). Se trata de una especie que caza grandes invertebrados y pequeñas aves. Se ha observado un comportamiento de lo más curioso: cuando ha cazado más presas de las que necesita para alimentarse, las ensarta en ramas puntiagudas o incluso en vallas metálicas para comérselos en momentos de escasez. La presencia de árboles de gran porte ligados al mosaico de cultivos colindantes y la vegetación helofítica constituida principalmente por carrizo, potencian la presencia del Alcaudón común en la ribera del río Segura. Esta especie migradora que inverna en la zona del Sahel y que nos visita en época estival, utiliza los cauces de los ríos como corredores ecológicos para su migración.

El Alcaudón común sirve como especie indicadora de un hábitat heterogéneo, donde la presencia de especies arbóreas en la vegetación de ribera favorece su presencia.



Zona B: Zona de cañaveral tratado con recuperación parcial de esta formación y carrizal, con vestigios de arbolado autóctono. En este periodo sólo registró la presencia de una especie, el carbonero común (*Parus major*), cuya presencia se asocia más al arbolado, si bien es una especie generalista.

Zona C: Zona de cañaveral homogéneo.

Se capturaron 8 especies de passeriformes, correspondientes a especies ligadas a zonas húmedas con alta densidad de caña. El Carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*) fue la especie más capturada en la zona. La especie está ligada a la presencia de carrizales y la vegetación cercana a zonas húmedas. Durante la época de cría está ligado exclusivamente a los carrizales (Gainzarain, 2003).

En la zona de estudio se capturaron individuos que se encontraban en migración, con unos índices de grasa muy elevados. No se han detectado ejemplares con placa incubatriz, lo cual hubiera indicado la reproducción segura en la zona de estudio. Lo cual no descarta su reproducción en la época estival.

La zona es importante como corredor ecológico para especies de passeriformes migradores ligados a zonas húmedas con una cobertura vegetal densa que sirve de protección contra depredadores. La densidad vegetal que ofrece el cañaveral sirve como refugio y zona de alimentación para diferentes especies de passeriformes. Sin embargo, no aparecen especies indicadoras de desarrollo del estrato arbóreo.

Periodo posnupcial: Se realizaron tres jornadas de muestreo, comprendidas entre septiembre y noviembre (Tabla 31).

Fecha	Zona	Especie	Nº individuos capturados
05/10/10	A	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1
05/10/10	A	<i>Cettia cetti</i>	3
05/10/10	A	<i>Luscinia svecica</i>	1
05/10/10	A	<i>Passer domesticus</i>	1
05/10/10	A	<i>Remiz pendulinus</i>	1
05/10/10	A	<i>Sylvia atricapilla</i>	3

Fecha	Zona	Especie	Nº individuos capturados
05/10/10	B	<i>Cettia cetti</i>	1
05/10/10	B	<i>Sylvia atricapilla</i>	4
05/10/10	B	<i>Sylvia melanocephala</i>	1
05/10/10	C	<i>Cettia cetti</i>	1
05/10/10	C	<i>Parus major</i>	1
05/10/10	C	<i>Sylvia atricapilla</i>	6
05/10/10	C	<i>Turdus merula</i>	2
05/10/10	A	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	1
		Total capturas:	26
10/11/10	A	<i>Erithacus rubecula</i>	2
10/11/10	A	<i>Fringilla coelebs</i>	1
10/11/10	A	<i>Motacilla cinerea</i>	1
10/11/10	A	<i>Sylvia atricapilla</i>	1
10/11/10	A	<i>Turdus merula</i>	3
10/11/10	B	<i>Aegithalos caudatus</i>	1
10/11/10	B	<i>Erithacus rubecula</i>	1
10/11/10	B	<i>Phylloscopus collybita</i>	3
10/11/10	B	<i>Sylvia atricapilla</i>	4
10/11/10	C	<i>Erithacus rubecula</i>	3
10/11/10	C	<i>Phoenicurus ochruros</i>	2
10/11/10	C	<i>Phylloscopus collybita</i>	1
10/11/10	C	<i>Sylvia atricapilla</i>	7
		Total capturas:	30
21/09/11	A	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	2
21/09/11	A	<i>Cettia cetti</i>	3
21/09/11	A	<i>Muscicapa striata</i>	1
21/09/11	A	<i>Remiz pendulinus</i>	1
21/09/11	B	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	4
21/09/11	B	<i>Cettia cetti</i>	1
21/09/11	B	<i>Sylvia atricapilla</i>	1
21/09/11	C	<i>Cettia cetti</i>	1
21/09/11	C	<i>Sylvia atricapilla</i>	2
		Total capturas:	16

Tabla 31. Capturas por zonas y especies correspondientes al periodo posnupcial.



Zona A: Vuelve a ser la zona con mayor riqueza de especies. En esta época se capturaron un total de 11 especies, siendo las especies más significativas

Lavandera cascadeña (*Motacilla cinerea*): Esta especie de passeriforme está ligada a cursos de agua. La Lavandera cascadeña utiliza los cursos fluviales para desplazarse con su característico vuelo ondulado acompañado de su inconfundible reclamo. Los márgenes del río tienen que reunir unas condiciones estructurales adecuadas para la presencia de la especie, que necesita unas pendientes suaves despejadas de vegetación para la búsqueda de alimento. Las zonas de encharcamiento alrededor de un flujo de agua continuo son hábitats potenciales para la especie. La alimentación es fundamentalmente insectívora y los dípteros pueden estar en la más elevada proporción de su dieta (Palomino, 2003). Su captura en la zona A indica que se trata de una zona llana donde la presencia de esta especie esta favorecida.

Papamoscas gris (*Muscicapa striata*): Es una especie migradora transahariana que se encuentra en una severo descenso poblacional por la pérdida de hábitat. Esta especie utiliza las ramas bajas de los árboles, eludiendo casi siempre las más altas. Utiliza las perchas como posadero para localizar a sus presas. La alimentación es casi completamente a base de insectos voladores que captura en vuelo (López, 2003). La presencia de cobertura arbórea en la zona de muestreo, unido a la gran abundancia de insectos característica de esta zona húmeda, favorece la presencia de esta especie.

Invernada: Se realizo una única jornada de anillamiento en el mes de Enero para caracterizar la comunidad de aves invernantes en la zona de estudio (Tabla 32).

Fecha	Zona	Especie	Número Ind.
13/01/11	A	<i>Erithacus rubecula</i>	1
13/01/11	A	<i>Motacilla cinerea</i>	2
13/01/11	A	<i>Passer domesticus</i>	5
13/01/11	A	<i>Sylvia atricapilla</i>	1
13/01/11	A	<i>Turdus merula</i>	2
13/01/11	B	<i>Emberiza schoeniclus</i>	14
13/01/11	B	<i>Erithacus rubecula</i>	3
13/01/11	B	<i>Fringilla coelebs</i>	1



Fecha	Zona	Especie	Número Ind.
13/01/11	B	<i>Passer domesticus</i>	1
13/01/11	C	<i>Cettia cetti</i>	1
13/01/11	C	<i>Erithacus rubecula</i>	1
13/01/11	C	<i>Parus major</i>	1
13/01/11	C	<i>Sylvia atricapilla</i>	3
13/01/11	C	<i>Turdus merula</i>	1
13/01/11	C	<i>Turdus philomenos</i>	1
Total capturas:			38

Tabla 32. Capturas por zonas y especies correspondientes al periodo invernal.

Destaca el **Petirrojo** (*Erithacus rubecula*) como especie con mayor densidad y con presencia en las tres zonas de trampeo.

Zona B: La eliminación de la caña en la zona, potenció el crecimiento del carrizo, lo cual produjo un considerable efecto sobre las capturas realizadas en este espacio. El Escribano palustre (*Emberiza schoeniclus*) aumenta sus efectivos en invierno debido a la llegada de un gran número de individuos de la subespecie nominal (Escribano Palustre Norteño - *E. s. schoeniclus*) provenientes de Europa central fundamentalmente y, en menor medida, de Europa septentrional y oriental. Pero el hecho de estar ligado a unos pocos humedales, junto a su carácter esquivo, hace que muchas veces pase inadvertido para la mayoría de los observadores de aves. Este contingente invernante, aunque presenta un tamaño poblacional mucho mayor, también se considera amenazado, entrando en la categoría de "vulnerable" (Madroño *et al.*, 2004). En la ribera del río Segura todos los efectivos que se capturan son invernantes.

El Escribano Palustre se encuentra en peligro de extinción en España (Madroño *et al.*, 2004). Este passeriforme tiene una población exigua, tan sólo crían entre 278 y 414 parejas, y además muy fragmentada. Ha sufrido un fuerte declive en los últimos 20 años y no se prevé un futuro más alentador si no se atajan las amenazas que sufre, fundamentalmente la intensificación agrícola y la destrucción de zonas húmedas. El hecho de que el contingente reproductor se encuentre dividido en dos subespecies prácticamente endémicas de la península Ibérica acentúa su grado de amenaza (Atienza & Copete, 2003; Madroño *et al.*, 2004).



En la zona B se obtuvieron un elevado número de capturas de esta especie debido a que acudían a la zona para alimentarse de las semillas del carrizo. La retirada de la caña supuso la eliminación de un competidor y potenció la recolonización por un carrizal de gran vitalidad e interés ecológico.

7.2.4 Evaluación general, perspectivas y propuestas

La presencia de cañaverales o carrizales supone un factor importante para la comunidad de aves, al jugar un papel clave como fuente de protección, lugar de nidificación o reposo. Existen no obstante notables diferencias entre el valor biológico de ambas formaciones, siendo el carrizal notablemente más diverso tanto desde el punto de vista taxonómico como funcional (partiendo de su notable similitud fisionómica). Ello permite que incluso a iguales condiciones de estructura vertical de la vegetación, los carrizales estén reconocidos como hábitats biológicamente mucho más valiosos (Paracuellos, 1997 y 2001). Por tal motivo la aparición de carrizo en la zona de seguimiento en sustitución de parte del cañaveral tiene una notable importancia, especialmente en estados sucesionales tempranos, en los cuales esta formación puede tener un importante papel para la avifauna (Beemster *et al.*, 2010).

Con todo, como se ha visto, la existencia de un estrato arbóreo que proporcione heterogeneidad al conjunto incrementa el valor del hábitat ripario para la avifauna, lo que se ve directamente reflejado en la diversidad, riqueza y abundancia de aves. También se pueden dar picos de actividad/uso en zonas donde, aunque la vegetación de ribera tenga una menor complejidad estructural, pueden aparecer puntualmente recursos tróficos (fructificación del carrizo) que sirvan de alimento en momentos concretos, por lo que el mantenimiento de ciertas manchas de helófitos puede considerarse un aspecto positivo para la comunidad, contribuyendo al mismo tiempo a una mayor heterogeneidad en el conjunto de la vegetación de ribera.

Es esa heterogeneidad referida anteriormente la que se debe intentar conseguir en el resto de parcelas con las plantaciones realizadas. Se presupone que con el crecimiento de las especies plantadas, aumentarán las posibilidades, suponiendo la presencia de *Salix*, *Tamarix* y *Erianthus*, junto a los ejemplares remanentes o plantados



de *Populus* y *Fraxinus* un incremento de la complejidad estructural del ecosistema de ribera. La persistencia de algunas manchas de *Phragmites* puede aportar un valor trófico adicional que no proporcionan todas esas especies.

Para el futuro se debería mantener el seguimiento de la avifauna riparia mediante la realización de un número mínimo anual de jornadas de trampeo. Esto permitirá proseguir con las labores de anillamiento, y al mismo tiempo conocer de forma más precisa la evolución de la comunidad de aves, conforme cambian las condiciones de la vegetación. La prolongación del seguimiento en el tiempo permitirá determinar si los cambios observados entre zonas con diferente grado de manejo tienen un carácter fugaz o representan algún grado de avance en la recuperación de comunidades de mayor riqueza biológica, que puede ser consolidado.

Además, sería conveniente someter a seguimiento, con los mismos objetivos y criterios, la avifauna de un ecosistema de ribera bien estructurado donde los helófitos e hígrófitos autóctonos (*Phragmites*, *Typha*, *Eriantus*) se mezclen con el resto de vegetación dando lugar a un paisaje tipo con diferentes estratos vegetales bien desarrollados.

Por todo ello sería recomendable extender este programa de seguimiento ornitológico a otros parajes cercanos, preferentemente a lo largo de un gradiente de calidad ecológica. Dicho gradiente podría incorporar parajes como el “El Menjú”, en el propio término municipal de Cieza, un área relativamente bien conservada que podría proporcionar muy buena información sobre la comunidad objetivo a la que debería tender el área ribereña restaurada, para aproximarse a una situación de alta calidad ecogeomorfológica. En el extremo opuesto del gradiente se situarían zonas localizadas aguas abajo en las que existen programas en curso de anillamiento de aves, como la ribera del Segura en Archena o la Contraparada en Murcia.



7.3 Propuestas adicionales: seguimiento de indicadores biológicos

7.3.1 Introducción

El “**Proyecto de I+D+i para la optimización de técnicas de bioingeniería para la mejora del estado ecológico y estabilización de los márgenes del Río Segura, T.M. de Cieza**”, objeto del presente seguimiento, trata en esencia de experimentar el uso combinado de revestimientos de materiales biológicos con plantaciones de especies autóctonas de ribera, para prevenir la reinstalación de la caña común en zonas de las que ha sido eliminada manual o mecánicamente. Al mismo tiempo, persigue dirigir la sucesión ecológica de las zonas restauradas hacia comunidades vegetales capaces de mantener y consolidar en el tiempo la fisonomía, estructura y funcionalidad del bosque ribereño típico de estos sectores del sistema fluvial. Todo ello con un componente de experimentación y puesta a punto de técnicas que puedan ser replicadas en otros sectores afines de la Cuenca del Segura.

La evaluación de esta actuación se ha desarrollado desde principios del año 2010, partiendo de un seguimiento inicial, sobre cuya base se ha diseñado un protocolo de seguimiento que registra la evolución de las parcelas experimentales, tanto en lo relativo a la eventual recuperación de *Arundo donax*, como a la supervivencia y crecimiento de las especies repobladas o de otra vegetación espontánea que pueda colonizarlas.

Pese a ello, la eficacia en el control o eliminación de la especie problema, o la recuperación de la composición y estructura deseada para el ecosistema ripario, evaluadas a través de las variables adecuadas, no proporcionan un conjunto de indicadores suficientemente completo como para certificar la recuperación ecológica del área experimental. Resulta evidente que, además de los aspectos florísticos, estructurales o paisajísticos, se requieren otros indicadores, fundamentalmente de tipo faunístico, para evaluar la recuperación de la biodiversidad asociada al ecosistema ripario, en su dimensión composicional (colonización y reemplazamiento de especies, singularidad y rareza), estructural (diversidad, dominancia y similitud de las comunidades) y funcional (relaciones interespecíficas y procesos en los que interviene la fauna).



En este apartado se exponen los objetivos particulares, la metodología a utilizar, el calendario de trabajo y el presupuesto que en su momento se elaboraron como documento independiente¹⁹, para la realización de un seguimiento de indicadores biológicos que permita, con carácter sistemático, evaluar los cambios en la biodiversidad asociada a los ecosistemas de ribera objeto de restauración. A título comparativo, se incluirá también en dicho seguimiento el estado de la biodiversidad (evaluada a través de los mismos indicadores) en sectores testigo de zonas análogas no restauradas.

7.3.2 Objetivos

El objetivo general de la propuesta es establecer un sistema de indicadores biológicos (principalmente faunísticos) asociados al protocolo de seguimiento de las actuaciones de incluidas en el Proyecto de I+D+i antes citado, para la evaluación de la recuperación ecológica de la ribera del Segura en dicho tramo.

Como objetivos específicos y subordinados a éste, se proponen:

- Caracterizar las taxocenosis faunísticas indicadoras presentes en las zonas de ribera restauradas
- Analizar la evolución temporal de las taxocenosis indicadoras a lo largo de la sucesión secundaria en las zonas restauradas
- Analizar las relaciones entre distintos aspectos estructurales y funcionales de las taxocenosis estudiadas, y su relación con la recuperación de la fisonomía y estructura de la vegetación de ribera
- Valorar el estado de conservación de las comunidades faunísticas y florísticas mediante índices multiespecíficos, como herramienta de evaluación de la recuperación de la biodiversidad

¹⁹ ROBLEDANO, F., ESTEVE, M.A., FARINÓS, P., MIÑANO, J., ZAPATA, V.M. 2010. *Seguimiento de indicadores biológicos para la evaluación de las actuaciones de eliminación de la caña común (Arundo donax) en el río Segura en Cieza*. Propuesta metodológica. Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia.



- Analizar la relación entre los valores de conservación de la biodiversidad con diversos descriptores e índices sintéticos de calidad de la vegetación de ribera.
- Diseñar y poner a punto protocolos de muestreo y seguimiento de la biodiversidad aplicables a otras zonas restauradas.

7.3.3 Selección de taxocenosis objetivo

El seguimiento de los efectos de la recuperación sobre la biodiversidad requiere trabajar con distintas taxocenosis, indicadoras de diferentes escalas de explotación y uso del hábitat ripario, y relacionadas con distintos componentes funcionales del ecosistema (niveles tróficos, procesos relacionados con las transferencias de biomasa y los ciclos de nutrientes, etc.). Además, deben ser taxocenosis relativamente fáciles de estudiar y que informen sobre otros componentes de la biodiversidad o elementos clave en el proceso de recuperación del ecosistema. Aunque cada vez es más frecuente, todavía son escasos los trabajos que evalúan la calidad o interés de conservación de distintos tipos de ecosistemas utilizando esta aproximación (ver, por ejemplo, Barbaro et al., 2005).

Por ello se han seleccionado los siguientes:

- Aves acuáticas y terrestres
- Mamíferos terrestres y semiacuáticos (carnívoros, roedores e insectívoros,)
- Invertebrados terrestres
- Flora

Además de los anteriores, se prestará atención a otros grupos de fauna como los anfibios y reptiles acuáticos, otros mamíferos, registrando cualquier indicio de su presencia en la zona.



7.3.4 Metodologías y planificación del muestreo para la caracterización y valoración de la biodiversidad en las zonas de actuación

Dado que la presente propuesta está acoplada al protocolo de seguimiento de la recuperación de las zonas incluidas en el Proyecto de I+D+i, la planificación espacial se ajusta al diseño de dicho proyecto, de manera que los muestreos de las distintas taxocenosis toma como base las parcelas experimentales con tratamientos replicados que combinan la corta (y en su caso, retirada) de la caña, la aplicación de revestimientos orgánicos y la plantación de especies de ribera. No obstante, cada taxocenosis requiere una metodología específica que se traducirá en una distribución diferente de las unidades o puntos de muestreo. Se exponen brevemente las metodologías, distribución espacial y temporalización de los muestreos para los distintos grupos de indicadores biológicos:

AVES: Se considerarán tanto las aves acuáticas (ardeidas, cormoranes, anátidas...) que utilizan el cauce y las orillas, como las especies terrestres (passeriformes, fundamentalmente) que se distribuyen por los distintos hábitats de ribera: playas y orillas desprovistas de vegetación, masas de helófitos con raíces en zonas del cauce permanentemente inundadas (*Phragmites*, *Typha*), y vegetación freatófila propiamente dicha (en este caso reducida a árboles aislados y pequeños parches residuales de álamos, sauces...). En esta última categoría se incluyen todas las parcelas tratadas en el proyecto, dado que se trata de áreas en fase de recuperación hacia formaciones freatófilas de ribera (aunque en un estado muy temprano de sucesión secundaria).

Dado que las parcelas experimentales tienen unas dimensiones excesivamente reducidas para poder caracterizar individualmente la comunidad de aves de cada una de ellas, se agruparán en bloques de características fisionómicas homogéneas (mismo tratamiento general de corta/retirada, revestimiento y plantación). En cada uno de estos bloques se realizará un muestreo puntual, mediante estaciones de escucha cuantitativas, desde un punto central que permita cubrir visual o auditivamente todo el bloque considerado.

Siempre que sea posible se asignará a cada individuo registrado a la parcela específica en la que sea contactado por primera vez. Durante estos muestreos, que



tendrán una duración de 10 minutos, se anotarán también las especies que utilicen la orilla o el cauce en ese mismo sector.

Se registrará también cualquier indicio de reproducción, como la presencia de nidos, individuos adultos con cebas, aves jóvenes...

Las comunidades de aves terrestres serán evaluadas mediante índices multiespecíficos de valor de conservación, que combinan la frecuencia o abundancia relativa con un término de importancia basado en su pertenencia a listas o catálogos de protección establecidos en el ámbito de la Región de Murcia, el Estado Español o la Unión Europea (Robledano *et al.*, 2009; Zapata & Robledano, 2009).

MAMÍFEROS: El seguimiento se centrará en las dos especies que a priori mejor pueden informar sobre la recuperación de la estructura de la vegetación de ribera, puesto que son taxones amenazados por la pérdida de calidad del hábitat fluvial, y en general están consideradas bioindicadoras de su recuperación. Son la Nutria (*Lutra lutra*) y la Rata de Agua (*Arvicola sapidus*). Ambas están incluidas en el Libro Rojo de los Vertebrados de la Región de Murcia (Robledano *et al.*, 2006).

Se trata, además, de especies relativamente fáciles de detectar a través de sus huellas y excrementos, cuyo registro permitirá también obtener información sobre sus preferencias dentro de la zona restaurada. Hay que mencionar que de la primera de estas especies (*Lutra lutra*) ya se tiene constancia de su presencia en la zona de actuación.

INVERTEBRADOS TERRESTRES: La utilización de trampas de caída (pitfall) constituye una herramienta muy útil para el muestreo de invertebrados de superficie y otra fauna no voladora, generalmente difícil de observar o registrar por otros métodos. En nuestro caso este tipo de trampas se utilizarán preferentemente para el muestreo de araneidos y coleópteros, aunque se conservará todo el material biológico recolectado para su eventual estudio posterior. Entre los taxones que suelen ser recolectados se cuentan, además de otros invertebrados, anfibios, pequeños reptiles (lacértidos, anfisbénidos...) y mamíferos insectívoros (*Soricidae*).



Para el caso particular de los araneidos y coleópteros de superficie, el objetivo principal de los muestreos, se instalará un número no inferior a 40 trampas de caída, en todas las parcelas correspondientes a los bloques de estudio de la avifauna, y en determinadas parcelas testigo no restauradas. De las comunidades de araneidos se evaluará su diversidad tanto funcional como de interés patrimonial, determinando la importancia y singularidad para su conservación a partir de las especies endémicas, novedosas, con rareza regional y amenazadas.

En cuanto a los coleópteros, constituyen excelentes bioindicadores que pueden ser utilizados incluso con un nivel de determinación taxonómica muy bajo (proporción relativa de diferentes familias).

OTROS VERTEBRADOS: Además de los que puedan ser muestreados mediante trampas de caída, se registrará cualquier indicio (observación directa, rastros, puestas o larvas, etc.) de presencia de otros vertebrados (anfibios, reptiles...) durante los muestreos de vegetación, aves y mamíferos indicadores. Estos indicios podrán ser obtenidos durante cualquiera de las visitas a las parcelas de estudio, tanto para el seguimiento del progreso de la restauración, como para el muestreo específico de indicadores biológicos.

FLORA: Aunque no es previsible que se produzca una intensa colonización espontánea por especies típicas de ribera, se realizará una valoración tanto estructural como florística de cada una de las parcelas muestreadas, con el fin de obtener un índice de calidad que pueda ser correlacionado con las variables e índices derivadas del muestreo de la fauna.

Para ello se analizarán los índices de uso más frecuente en el contexto de las riberas fluviales (por ejemplo, QBR; ver Suárez y Vidal-Abarca, 2000) y se adaptarán a las particularidades de la zona de actuación.

7.3.5 Protocolo y calendario de seguimiento de los indicadores seleccionados



Estaba previsto que el trabajo se desarrollará a lo largo de un ciclo anual completo, con fecha de inicio en la primavera de 2010 (abril) y finalización durante la temporada invernal 2010/2011. Para cada una de las taxocenosis indicadoras se propuso el protocolo y calendario de muestreo que se expone a continuación:

AVES: La periodicidad de los muestreos será aproximadamente bimensual, incluyendo:

- 2 muestreos durante el periodo reproductor (15 de abril al 15 de junio)
- 1 muestreo plenoestival (entre el 15 de junio y el 15 de agosto)
- 1 muestreo durante el periodo de migración posnupcial (entre el 15 de agosto y el 15 de octubre)
- 1 muestreo plenoinvernal (entre el 1 de diciembre y el 31 de enero)
- 1 muestreo durante el periodo de migración prenupcial (entre el 15 de febrero y el 15 de abril)

MAMÍFEROS ACUÁTICOS Y SEMIACUÁTICOS: La periodicidad de los muestreos será mensual, realizándose recorridos por la franja litoral de todas las parcelas experimentales de control, para la detección de huellas y puntos de acumulación de excrementos.

INVERTEBRADOS: Las trampas de caída permanecerán activas durante periodos de suficiente longitud para cubrir las principales fases estacionales de actividad de la fauna invertebrada (primavera y otoño). Transcurridos los periodos que se juzguen adecuados, en función de comprobaciones iniciales de la eficacia de las trampas, el contenido de éstas será recolectado y conservado en su totalidad, para la separación e identificación de los taxones objetivo, y el almacenamiento del resto de material biológico (permitiendo su estudio posterior).



FLORA Y VEGETACIÓN: Dado que este apartado se elaborará a partir de los datos de seguimiento de la recuperación de las parcelas experimentales, no requiere de trabajo de campo específico.

7.3.6 Presupuesto

<i>Concepto</i>	<i>Importe</i>	<i>Total parcial</i>
Desplazamiento y dietas		
Muestreos de aves (preparación y realización de estaciones de escucha)	500,00 €	
Muestreo de mamíferos (realización de recorridos de prospección)	1.000,00 €	
Muestreos de invertebrados (Colocación de trampas y recolección de muestras)	1.000,00 €	
Total:		2.500,00 €
Material para muestreo, recolección y conservación de muestras		
Muestreo de aves y mamíferos	300,00 €	
Muestreo de invertebrados	1.200,00 €	
Total:		1.500,00 €
Material fungible		
Total:		300,00 €
Personal		
Muestreo de aves	2.000,00 €	
Muestreo de mamíferos	4.000,00 €	
Muestreo e identificación de invertebrados	6.000,00 €	
Análisis de datos, elaboración de informe final	1.000,00 €	
Total:		13.000,00 €
Infraestructura UMU:		1.950,00 €
Material inventariable:		600,00 €
TOTAL GENERAL:		19.850,00 €
IVA 16%		3.176,00 €
TOTAL PRESUPUESTO:		23.026,00 €



7.4 *Tratamientos complementarios recomendados*

Resulta obvio que la propuesta de actuación complementaria que se deriva de una forma más directa del presente seguimiento es la necesidad de realizar un trabajo de repaso o refuerzo preventivo frente a los rebrotes de caña, cuya aparición resulta prácticamente inevitable. En especial, durante los primeros años en los que el efecto del arbolado apenas resulta apreciable. Por otra parte, la aparición de una proporción importante de carrizo tras la eliminación de la caña determina un nuevo escenario en el que se pueden aplicar medidas de control hacia esta especie (ver Robledano & Esteve, 2011).

No obstante lo anterior, existen algunas recomendaciones adicionales de actuación que deberían ser consideradas. Parece conveniente:

- Incrementar la densidad de arbolado autóctono
- Garantizar la idoneidad de los ejemplares plantados para las condiciones ecológicas del área de actuación (seleccionarlos no sólo en función de su área de procedencia sino por tratarse de ecotipos adaptados a la zona concreta donde se realice la restauración
- Incrementar la diversidad y densidad de otros estratos vegetales, principalmente arbustos, lianas y herbáceas autóctonas
- Explorar la posibilidad de utilizar otras especies competidoras (se ha citado la capacidad de *Rubus sp.* de impedir físicamente la posibilidad de rebrote)

A estas líneas de trabajo, que deberían ser objeto de investigaciones, habría que añadir la posibilidad de usar agentes de control biológico, por el momento una línea de trabajo enfocada preferentemente a la exportación de soluciones (Cortés *et al.*, 2012).



8. SÍNTESIS FINAL. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

La gestión de las plantas exóticas invasoras (IAPs = Invasive Alien Plants) resulta especialmente complicada en regiones áridas, debido entre otros factores al alto valor que se atribuye a los bienes y servicios que a menudo proporcionan (y que explican en muchos casos su introducción y propagación (Perdue, 1958; Baskin, 1998; Mack, 2008). No todas las IAPs de zonas áridas están adaptadas a la aridez. Las más problemáticas son especies freatófilas capaces de establecerse en humedales, oasis y corredores fluviales. Su éxito a menudo está ligado a la perturbación antrópica que pone a su disposición recursos abundantes (espacio, agua, nutrientes) a la vez que elimina la competencia de las especies nativas (Milton & Dean, 2010).

La caña común es una planta naturalizada (o posiblemente, nativa), colonizadora agresiva, que invade las zonas de ribera mediante el establecimiento de densas masas clonales. Como consecuencia de sus diversos usos, tanto productivos (materia prima para construcción, agricultura, manufactura) como protectores (consolidación de márgenes de canales y acequias), está ampliamente distribuida en las cuencas hidrográficas mediterráneas, lo que facilita la rápida colonización –o recolonización- de los corredores riparios. Su estrategia de vida ruderal le permite prosperar en ambientes fuertemente perturbados, con suelo desprovisto de vegetación y enriquecido en nutrientes (Quinn & Holt, 2008) de manera que sólo un ecosistema ripario bien estructurado constituye un freno a su expansión como formación monoespecífica.

La biomasa seca o muerta de cañas crea una densa masa de combustible, altamente inflamable. Está demostrado que la presencia de *Arundo* incrementa el riesgo y la intensidad del fuego, facilitando además su propagación a lo largo del corredor por el carácter lineal y continuo de sus formaciones (Coffmann, 2007). *Arundo* actúa como elemento transmisor del fuego, puesto que coloniza elementos lineales del paisaje y entra en contacto con matorrales y árboles; además su elevada altura transmite el fuego a copas árboles (Deltoro *et al.*, 2012). En nuestra zona de estudio se



ha observado la rápida propagación del fuego a lo largo del cañaveral, llegando incluso a saltar de una orilla a otra bajo condiciones de fuerte viento (ver apartado 5.6.2).

En las zonas de ribera, las formaciones de *Arundo* impiden que la mayor parte de la luz alcance el lecho en verano e incrementan la necromasa en otoño, pudiendo alterar los ciclos de nutrientes y las redes tróficas en el ecosistema, afectando a la biota acuática y terrestre (Mack, 2008; Milton & Dean, 2010). En la zona objeto de seguimiento en el presente contrato, la densidad de caña muestra una relación negativa con la insolación registrada, lo que podría ilustrar este tipo de efectos. En cambio, el desarrollo de la vegetación implantada no llega todavía a ejercer un efecto negativo sobre la caña a través del sombreado. Por un lado, la caña supera en altura a las plantaciones de especies herbáceas y arbustivas (*Erianthus* y *Tamarix*) en todos los tipos de tratamiento. Y en cuanto a *Populus alba*, su baja densidad, alta mortalidad y escaso desarrollo de copas, impide el establecimiento de un dosel arbóreo capaz de producir un sombreado apreciable.

Los valores originales de densidad de *Arundo*, correspondientes a márgenes no tratadas ($37,50 \pm 1,12$ tallos/m²) no difieren sustancialmente de los registrados en otros estudios recientes realizados en la península. Por ejemplo, Jiménez (2012) presenta valores de partida entre 28 y 50 tallos/m². Los tratamientos aplicados reducen inicialmente la densidad de una forma sustancial, alcanzando a los 6 meses eficacias superiores al 50% de reducción de la densidad en todos los tipos de tratamientos salvo en los que no incluyen ninguna modalidad de retirada de rizoma (manual o mecánica).

Transcurrido un año desde los tratamientos iniciales y mediando una corta general de refuerzo, a los 13 meses de la actuación inicial todos los tratamientos mantienen reducciones importantes, entre un 71% (parcelas sin retirada) y un 78-88% (retirada manual o mecánica). Estos valores caen prácticamente a la mitad a los 18 meses y algo más al final del periodo de seguimiento (23 meses), pese a lo cual todavía se mantienen porcentajes de reducción entre el 23-40% (peor y mejor caso de los tratamientos manuales y mecánicos, respectivamente).

No obstante, puesto que en el segundo ciclo anual de seguimiento ya es posible discriminar la densidad de tallos correspondiente a la recolonización (o rebrote) de



Phragmites, las estimas finales de eficacia con respecto únicamente a *Arundo* son mucho más altas (47-65% y 69-97% en los tratamientos manuales y mecánicos, respectivamente). En las parcelas sin retirada la eficacia final se duplica al aplicar esta corrección, llegando al 51%.

La influencia de las plantaciones efectuadas puede considerarse poco relevante, especialmente por haber resultado ineficaces en la principal función que se les encomendaba, crear un estrato arbóreo suficientemente denso para llegar a privar de luz al cañaveral, además de competir con él por el espacio físico (lo cual ya podrían estar haciendo algunos arbustos y gramíneas). No obstante, hay dos aspectos que parecen contribuir fundamentalmente a la baja efectividad de las plantaciones, como es la densidad utilizada -se recomiendan repoblaciones de alta densidad (Jiménez, 2011)-, y la posible inadaptación del material forestal empleado. Con todo, la restauración forestal de las áreas tratadas se considera la etapa final que debe seguir a cualquier tipo de tratamiento mecánico o químico (Bell, 1997; Oakins, 2011; Lawson *et al.*, 2005; Jiménez, 2012).

Con independencia de la reducción lograda, las zonas ganadas al anterior cañaveral monoespecífico estarían ahora parcialmente ocupadas por árboles (*Populus alba*), arbustos (*Tamarix canariensis*) y gramíneas nativas (*Erianthus ravennae*, *Phragmites australis*), lo que dibuja un escenario favorable para consolidar e incrementar el desarrollo de una formación riparia autóctona. Ésta podría lograrse mediante desbroces adicionales en torno a los ejemplares plantados, acompañados de nuevas plantaciones que incrementen la densidad, cobertura y complejidad de la estructura vertical de dicha formación objetivo.

Una parte de estas actuaciones deberían ir encaminadas también a controlar la cobertura de carrizo, manteniéndola en una extensión suficiente para conservar su fauna riparia asociada, pero no tan alta como para ser percibida como una nueva especie invasora en la zona.

La ventaja de *Phragmites* a este respecto es que podría ser controlada mediante una combinación de gramíneas pratenses competidoras y eventualmente con herbívoros domésticos (ver Robledano & Esteve, 2011), lo cual parece menos factible en el caso de



Arundo, en general poco palatable para los herbívoros aunque sus rebrotes pueden ser consumidos por conejos y jabalíes (Quinn & Holt, 2008), y eventualmente por el ganado (Hoshovsky, 1998). Además, *Phragmites* es un helófito cuya distribución en el talud ripario está más condicionada que la de *Arundo* por su propia ecología y por la presencia de otras especies de carácter freatófito.

En síntesis, parece que con independencia de la mayor eficacia a corto plazo que muestran los tratamientos químicos frente a otro tipo de actuaciones, el éxito a largo plazo frente a la monopolización de los cauces por *Arundo donax* sólo puede lograrse mediante una estrategia que combine:

- Tratamientos mecánicos iniciales, no necesariamente enérgicos (dependiendo de la situación particular puede prescindirse de la retirada del rizoma), combinados con plantaciones de especies autóctonas
- Actuaciones de repaso de intensidad decreciente (cortas adicionales, preferentemente manuales) durante un periodo no inferior a 15 años
- Mantenimiento y reposición de marras en las plantaciones (durante un periodo equivalente)
- Aplicación de medidas complementarias de control del carrizo (manteniendo una representación de esta formación)

Al mismo tiempo, sería conveniente iniciar (o dar continuidad a) al menos tres tipos de investigaciones relacionados con el seguimiento puesto en marcha en el marco de este contrato:

- Evaluación a más largo plazo (plurianual) y escala espacial más amplia (meta-análisis de casos) de las actuaciones de restauración que hayan incluido el control de esta especie en la Cuenca del Segura y otras demarcaciones hidrográficas del Mediterráneo



- Estudios económicos que evalúen y contabilicen los beneficios ambientales derivados del control de *Arundo*, como parte de un análisis coste-beneficio de las actuaciones
- Estudios de base y seguimiento de indicadores faunísticos relacionados con la dinámica de los cañaverales y su respuesta a las actuaciones de restauración. Ejemplos de esto serían las propuestas adicionales incluidas en los apartados 7.2 y 7.3.

Pese a que *Arundo donax* está reconocida a escala mundial como una de las plantas alóctonas invasoras más peligrosas y nocivas, formando parte de la lista de las 100 peores especies invasoras del Grupo de Especialistas sobre Especies Invasoras, no está incluida en el reciente Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras, salvo en el ámbito de Canarias. En el resto del territorio español no figura siquiera entre las especies que integran el Listado de Especies Exóticas con Potencial Invasor (Anexo II del Real Decreto estatal). Sin embargo uno de los taxones objetivo de numerosas actuaciones de eliminación de especies exóticas en las cuencas hidrográficas españolas, en el contexto de la Directiva Marco del Agua, lo que sugiere que su control tiene una relevancia considerable en la restauración de la calidad hidromorfológica de nuestros cauces. Por todo ello parece que su estatus podría ser revisado, de manera que dichas actuaciones tuvieran un mayor respaldo normativo. Éste también podría ser contemplado en el marco de la consulta de la Comisión Europea, sobre un instrumento legislativo dedicado a las especies exóticas invasoras, actualmente abierta a las aportaciones de ciudadanos, organizaciones y autoridades²⁰.

²⁰ http://ec.europa.eu/environment/consultations/invasive_allies.htm



9. REFERENCIAS

9.1 Bibliografía citada en el informe

- ABOAL, M. 1989. Flora algal del río Benamor (Cuenca del Segura, SE de España). *Limnética*, 5: 1-11.
- AGUIAR, F. C., FERREIRA, M. T., ALBUQUERQUE, A. & MOREIRA, I. 2007. Alien and endemic flora at reference and non-reference sites in Mediterranean-type streams in Portugal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17: 335-347.
- ALÍAS, L. J. y colaboradores. 1986-1997. *Mapas de suelos y Memorias. Escala 1:100.000*. Diversas Hojas del MTN. Proyecto LUCDEME. ICONA-Universidad de Murcia.
- AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2007. *Influence of Nutrient Loading on the Invasion of an Alien Plant Species, Giant Reed (Arundo donax), in Southern California Riparian Ecosystems*. Technical Completion Reports, University of California Water Resources Center, UC Berkeley.
- ANDREU J. & VILÀ M. 2007. Análisis de la gestión de las plantas exóticas en los espacios naturales españoles. *Ecosistemas*, 2007/3. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=505&Id_Categoria=1&tipo=portada
- ASHOUR, A. S. 1990. Integration of chemical, physical and mechanical methods in common reed (*Phragmites-australis*) management. *8th International Symposium on Aquatic Weeds*: 9-10.
- ATIENZA, J.C. & COPETE, J.L. 2003. Escribano Palustre *Emberiza schoeniclus*. En: MARTÍ, R. & DEL MORAL, J.C. (Eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/Birdlife, Madrid: 604-605.
- BAÑARES, Á., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO, J.C. & ORTIZ, S. (Eds.) 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1.069 pp.
- BARBARO, L., PONTCHARRAUD, L., VETILLARD, F., GUYON, D., JACTEL, H. 2005. Comparative responses of bird, carabid, and spider assemblages to stand and landscape diversity in maritime pine plantation forests. *Ecoscience*, 12, 110-121.
- BASKIN, Y. 1998. Winners and Losers in a Changing World. *BioScience*, 48: 788-792.
- BEEEMSTER N., TROOST E. & PLATTEEUW M. 2010. Early successional stages of Reed *Phragmites australis* vegetations and its importance for the Bearded Reedling *Panurus biarmicus* in Oostvaardersplassen, The Netherlands. *Ardea*, 98: 339-354.



- BELL, G. P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in southern California. In: BROCK, J. H.; WADE, M.; PYSEK, P. & GREEN, D. (Eds.) *Plant invasions: studies from North America and Europe*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 103-113.
- BOLAND, J.M. 2006. The importance of layering in the rapid spread of *Arundo donax* (Giant reed). *Madroño*, 53 (4): 303-312.
- BOSZKE, P. 2005. Population structure and regeneration of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., in flood control ditches in the depression wetland (Żuławy Wiślane, Northern Poland) *Polish Journal of Ecology*, 53 (1): 3-12.
- BRUNEL, S. 2005. *Invasive Plants in Mediterranean Type Regions of the World/Plantes envahissantes dans les régions méditerranéennes du monde*. Council of Europe Publishing, Strasbourg. 285 pp.
- CATALINAS, M.; ALONSO, M.E. & GARCÍA, A. 2010. Characterization of the cost of inland aquatic ecosystems restoration for river basin management under the Water Framework Directive in Spain. *Proceedings 7th European Conference on Ecological Restoration*. Avignon, France:
- COFFMAN, G.C., AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2004. Invasion of *Arundo donax* in river ecosystems of Mediterranean climates: causes, impacts and management strategies. M. Arianoutsou & W. Papanastasis (Eds.). *Proceedings of the 10th MEDECOS Conference, 25 April – 1 May 2004, Rhodes Island, Greece.*, pp. 1-8. Millpress Science Publishers, Rotterdam.
- COFFMAN, G.C. 2007. *Factors Influencing Invasion of Giant Reed (Arundo donax) in Riparian Ecosystems of Mediterranean-type Climate Regions*. Ph D. Diss., University of California, Los Angeles.
- COFFMAN, G.C., AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2010. Wildfire promotes dominance of invasive giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems. *Biol Invasions*, 12: 2723–2734.
- COLMEIRO, M. 1889. *Enumeración y revisión de las plantas de la península Hispano-lusitana é islas Baleares, con la distribución geográfica de las especies, y sus nombres vulgares, tanto nacionales como provinciales*. Imprenta de la Viuda e Hija de Fuentenebro, Madrid.
- CORTÉS, E., M.A. MARCOS & J. GOOLSBY. 2009. Buscando el antídoto natural en la lucha contra el “carrizo gigante”. *Cuadernos de Biodiversidad*, 29: 20-24.
- CORTÉS, E., M.A. MARCOS & J. GOOLSBY. 2012. El control biológico: una solución para el manejo de la planta invasora *Arundo donax* (Poaceae: Arundinoideae). *Jornadas sobre Especies Exóticas Invasoras en Ríos y Zonas Húmedas*, Valencia.
- DEBANO, L. F.; NEARY, D. G. & FFOLLIOTT P. F. 1998. Wetlands and riparian ecosystems. In: DEBANO, L. F.; NEARY, D. G. & FFOLLIOTT P. F. (Eds.). *Fire's effects on ecosystems*. New York: John Wiley & Sons, Inc: 229-245.
- DECRUYENAERE, J.G. & HOLT, J.S. 2005. Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in Southern California. *Plant and Soil*, 277: 41-52.



- DELTORO, V., C. PEÑA, A. SEBASTIAN, P. GARCÍA-FAYOS, R. DIAZ, L. TEJEDOR, A. ENGUIX & J. JIMÉNEZ. 2012. A quantitative analysis of four *Arundo donax* control methods, en: *Taller: técnicas de control de Arundo donax. Jornadas sobre Especies Exóticas Invasoras en Ríos y Zonas Húmedas*, Valencia.
- DEL AMO, M. 1861. *Distribución geográfica de las familias de las plantas crucíferas, leguminosas, rosáceas, salsoláceas, amentáceas, coníferas y gramíneas de la Península Ibérica. (Memoria premiada en 1860)*. Memorias - Serie Primera. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Tomo V: 224-436.
- DUKES, J.S. & MOONEY, H.A. 2009. Disruption of ecosystem processes in western North America by invasive species. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77: 411-437.
- ESTEVE, M.A. & ROBLEDANO, F. (Dir.) 2009. *Reconocimiento e identificación de áreas de restauración ambiental en ramblas litorales de la Región de Murcia, Valle del Guadalentín y río Segura entre el Azud de Ojós y Contraparada*. Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)-TRAGSA.
- FABER, P.M. (Ed.) 2003. *California Riparian Systems: Processes and Floodplain Management, Ecology and Restoration. 2001*. Riparian Habitat and Floodplains Conference Proceedings, Riparian Habitat Joint Venture, Sacramento, California.
- FELIU, J. 2010. *Restauración ecológica del río Llobregat a su paso por El Papiol y Pallejà, Baix Llobregat*. CONAMA 10, Madrid.
- FERRERAS, C. 1983. Los tarayales españoles y su significación paisajística. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 6: 185-201.
- FORNELL, T.C. 1990. Widespread adventive plants in Catalonia. In: F. DI CASTRI, A.J. HANSEN & M. DEBUSSCHE (Eds.). *Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin*. Kluwer Academic Publishers, Boston: pp. 85–104
- GARCÍA-NOVO, F., GARCÍA, J. C. E., CAROTENUTO, L., SEVILLA, D. G. & LO FASO, R. P. F. 2007. The restoration of El Partido stream watershed (Doñana Natural Park): A multiscale, interdisciplinary approach. *Ecological Engineering*, 30: 122-130.
- GARCÍA LORENZO, R. 2010. *Peligrosidad de las aguas de avenidas en los cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la franja costera meridional de la región de Murcia*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- GOLET, G.H., BROWN, D.L., CRONE, E.E., GEUPEL, G.R., GRECO, S.E., HOLL, K.D., JUKKOLA, D.E., KONDOLF, G.M., LARSEN, E.W., LIGON, F.K., LUSTER, R.A., MARCHETTI, M.P., NUR, N., ORR, B.K., PETERSON, D.R., POWER, M.E., RAINEY, W.E., ROBERTS, M.D., SILVEIRA, J.G., SMALL, S.L., VICK, J.C. WILSON, D.S. & WOOD, D.M. 2003. Using Science to Evaluate Restoration Efforts and Ecosystem Health on the Sacramento River Project, California. En: FABER, P.M. (Ed.) 2003. *California Riparian Systems: Processes and Floodplain Management, Ecology and Restoration. 2001*. Riparian Habitat and Floodplains Conference Proceedings, Riparian Habitat Joint Venture, Sacramento, California.
- GÓMEZ, R., MORENO, J.L., VIDAL-ABARCA, M.R. & SUÁREZ, M.L. 2004. *Estudio de las alteraciones hidrológicas y dinámica de nutrientes en el paisaje protegido del*



Humedal de Ajauque (Murcia). Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia. <http://hdl.handle.net/10201/13651>

- GOOLSBY, J., C. YANG, J. EVERITT & D. SPENCER. 2010. *Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River for the Dept. Homeland Security*. Texas Department of Agriculture Project Database.
- GUTHRIE, R. 2007. *Impacts of the invasive reed Arundo donax on biodiversity at the Community-ecosystem level*. MSc Thesis, Biodiversity and Conservation Biology Department, University of the Western Cape, South Africa.
- HERSHNER, C. & HAVENS, K. J. 2008. Managing Invasive Aquatic Plants in a Changing System: Strategic Consideration of Ecosystem Services. *Conservation Biology*, 22: 544-550.
- HERNÁNDEZ, A. 2003. Alcaudón común *Lanius senator*. En: MARTÍ, R. & DEL MORAL, J.C. (Eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/Birdlife, Madrid: 536-37.
- HERRERA, A.M. & DUDLEY, T.L. 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biological Invasions*, 5:167-77.
- HOLL, K.D. & CRONE, E.E. 2004. Applicability of landscape and island biogeography theory to restoration of riparian understorey plants. *Journal of Applied Ecology*, 41: 922-933.
- HOOD, W.G. & NAIMAN, R.J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology*, 148:105-114.
- HOSHOVSKY, M. 1998. *Element Stewardship Abstract for Arundo donax Giant Reed*. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia.
- JIMÉNEZ, J. 2012. Proyecto de I+D+i: Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales para Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos. *Jornadas sobre Especies Exóticas Invasoras en Ríos y Zonas Húmedas*, Valencia.
- JORDÁN, A. 2006. *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla. 143 pp.
- KISNER, D. 2004. *The Effect of Giant Reed (Arundo donax) on the Southern California Riparian Bird Community*. Masters thesis, San Diego State University, San Diego, California.
- INFANTE, O. 2003. Pájaro Moscón *Remiz pendulinus*. En: MARTÍ, R. & DEL MORAL, J.C. (Eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/Birdlife, Madrid: 526-527.
- LAVOIE, C. 2008. *Le roseau commun (Phragmites australis): une menace pour les milieux humides du Québec?*. Rapport préparé pour le Comité interministériel du Gouvernement du Québec sur le roseau commun et pour Canards Illimités Canada. http://www.ducks.ca/fr/province/qc/nouvelle/pdf/phrag_08.pdf



- LAWSON, D.M., J.A. GIESSOW & J. H. GIESSOW. 2005. *The Santa Margarita River Arundo donax Control Project: Development of Methods and Plant Community Response*. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-195: 229-244.
- LÓPEZ, D. 2003. Papamoscas gris *Muscicapa striata*. En: MARTÍ, R. & DEL MORAL, J.C. (Eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/Birdlife, Madrid: 500-501.
- MACK, R.N. 2008. Evaluating the Credits and Debits of a Proposed Biofuel Species: Giant Reed (*Arundo donax*). *Weed Science*, 56: 883-888.
- MADROÑO, A., GONZÁLEZ, C. & ATIENZA, J.C. (Eds.). 2004. *Libro Rojo de las Aves de España*. Ministerio de Medio Ambiente-O.A. Parques Nacionales, Madrid.
- MARKS, M., LAPIN, B. & RANDALL, J. 1994. *Phragmites-australis (P-communis)* - Threats, Management, and Monitoring. *Natural Areas Journal*, 14, 285-294.
- MARTÍN, L.J. & BLOSSEY, B. 2009. A Framework for Ecosystem Services Valuation. *Conservation Biology*, 23: 494-496.
- McGAUGH, S., D. HENDRICKSON, G. BELL, H. CABRAL, K. LYONS, L. McEACHRON & O. MUNOZ J. 2006. Fighting an aggressive wetlands invader: a case study of giant reed (*Arundo donax*) and its threat to Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. In: M. A. de L. Lozano-Vilano & A. J. Contreras-Balderas (Eds.). *Studies of North American Desert Fishes: In Honor of E. P. (Phil) Pister, Conservationist*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexico. pp 151-161.
http://desertfishes.org/cuatroc/organisms/non-native/arundo/McGaugh_etal_2006_Arundo_en_Cuatrocienegas%28bilingue%29.pdf
- MEEK, C. S., RICHARDSON, D. M. & MUCINA, L. 2010. A river runs through it: Land-use and the composition of vegetation along a riparian corridor in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, 143: 156-164.
- MEYERSON, L.A., SALTONSTALL, K., WINDHAM, L., KIVIAT, E. & FINDLAY, S. 2000. A comparison of *Phragmites australis* in freshwater and brackish marsh environments in North America. *Wetlands Ecology and Management*, 8: 89-103.
- MILTON, S.J. 2004. Grasses as invasive alien plants in South Africa. *South African Journal of Science*, 100, 69-75.
- MILTON, S. & DEAN, W. 2010. Plant invasions in arid areas: special problems and solutions: a South African perspective. *Biological Invasions*, 12, 3935-3948.
- MITSCHE, W.J. & JØRGENSEN S.E. 2004. *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- MOLINA, J. A., PERTÍÑEZ, C., DÍEZ, A. & CASERMEIRO, M. Á. 2004. Vegetation composition and zonation of a Mediterranean braided river floodplain. *Belgian Journal of Botany*, 137, 140-154.
- MONTEIRO, A., MOREIRA, I. & SOUSA, E. 1999. Effect of prior common reed (*Phragmites australis*) cutting on herbicide efficacy. *Hydrobiologia*, 415, 305-308.



- MOONEY, H.A.; ARROYO, M.T.K.; BOND, W.J.; CANADELL J. & HOBBS, R.J. 2001. Mediterranean-climate ecosystems. In: Chapin, F.S.; Hobbs, R.J.; Sala, O.E. & Huber-Sannwald, E. (Eds.). *Global biodiversity in a changing environment*. Springer, Heidelberg: 157–199.
- NATALI, J.; M. KONDOLF; C. LANDEIRO; J. CHRISTIAN-SMITH & T. GRANTHAM. 2010. *A living Mediterranean river. Restoration and management of the Rio Real in Portugal to achieve good ecological status*. Institute of Urban and Regional Development Working Paper WP-2009-01, University of California Water Resources Center Contribution Number 209 - Institute of European Studies Working Paper.
- OAKINS, A.J. 2001. *An Assessment and Management Protocol for Arundo donax in the Salinas Valley Watershed*. BSc Thesis, California State University, Monterey Bay.
- PALOMINO, D. 2003. Lavandera Cascadeña – *Motacilla cinerea*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. CARRASCAL, L. M. & SALVADOR, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org/>
- PARACUELLOS, M. 1997. Análisis comparativo entre las comunidades de Passeriformes de cañaverales y carrizales en el sureste ibérico. *Ardeola*, 44: 105-108.
- PARACUELLOS, M. 2001. *Estructura y conservación de las comunidades de aves en humedales del sudeste ibérico (Almería, España)*. Tesis Doctoral, Universidad de Almería.
- PARDO DE SANTAYANA, M., TARDÍO, J., HEINRICH, M., TOUWAIDE, A. & MORALES, R. 2006. Plants in the Works of Cervantes. *Economic Botany*, 60, 159-181.
- PEIRÓ, I.G. 2006. *Estudios ornitológicos aplicados a la gestión del hábitat de los Passeriformes del carrizal en el Parque Natural de El Fondo (Alicante, SE de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- PERDUE, R. E., JR. 1958. *Arundo donax*: Source of Musical Reeds and Industrial Cellulose. *Economic Botany*, 12, 368-404.
- PERNI, Á., MARTÍNEZ-PAZ, J. & MARTÍNEZ-CARRASCO, F. 2011. Social preferences and economic valuation for water quality and river restoration: the Segura River, Spain. *Water and Environment Journal*, DOI: 10.1111/j.1747-6593.2011.00286.x.
- POLUNIN, O. & HUXLEY, A. 1978. *Flores del Mediterráneo*. Blume, Madrid.
- QUINN, L.D & HOLT J.S. 2008. Ecological correlates of invasion by *Arundo donax* in three southern California riparian habitats. *Biological Invasions*, 10: 591-601.
- QUINN, L. D., RAUTERKUS, M. A. & HOLT, J. S. 2007. Effects of Nitrogen Enrichment and Competition on Growth and Spread of Giant Reed (*Arundo donax*). *Weed Science*, 55, 319-326.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>
- RIEGER, J. P. & KREAGER, D. A. 1989. Giant reed (*Arundo donax*): a climax community of the riparian zone. En: *Protection, management, and restoration for the 1990's: Proceedings of the California Riparian Systems conference*. Gen. Tech. Rep. PSW-



110. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Davis, CA.: 222-225.
- RÍOS, S. & ALCARAZ, F. 1995. Análisis de la flora hidrófila de la Cuenca del Segura (Sudeste de España). *Anales Jardín Bot. Madrid*, 53(2): 219-231.
- ROBLEDANO, F., CALVO, J.F., HERNÁNDEZ, V. & ALEDO, E. (Eds.). 2006. *Libro Rojo de los Vertebrados de la Región de Murcia*. Consejería de Industria y Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- ROBLEDANO, F.; ESTEVE, M.A.; CARREÑO, M.F. & MARTINEZ, M.J. 2009. Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of mediterranean wetlands. *Ecological Indicators*, 10(2): 274-286.
- ROBLEDANO, F.; ESTEVE, M.A. (Coord.) 2009. *Seguimiento y análisis de las actuaciones para el control experimental del carrizo (Phragmites australis) en la Región de Murcia*. Universidad de Murcia-TRAGSA-Comisaría de Aguas de la Cuenca del Segura.
- ROLDÁN, A., DESCALS, E. & HONRUBIA, M. 1987. Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas de los ríos Segura y Guadalquivir. *Anales de Biología*, 13 (*Biología Vegetal*, 3): 3-13.
- SAAVEDRA, D. 2003. *Reintroduction of the Eurasian otter (Lutra lutra) in Muga and Fluvià basins (north-eastern Spain): viability, development, monitoring and trends of the new populations*. PhD Thesis, University of Girona.
- SABATER, S., FEIO, M.J., GRAÇA, M.A.S, MUÑOZ, I. & A.M. ROMANÍ. 2009. The Iberian Rivers. En: *Rivers of Europe*. Academic Press: 113-149.
- SALINAS, M. J. & CUETO, M. 2009. 92D0 Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Fluegeion tintoriae*). En: VV.AA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid: 86 p.
- SANZ ELORZA, M., DAMA SÁNCHEZ, E. D. & SOBRINO VESPERINAS, E. 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 378 pp.
- SEAWRIGHT, E.K. 2010. *Select Economic Implications for the Biological Control of Arundo donax along the Rio Grande*. Master's thesis, Texas A&M University.
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, N.J. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- SINASSAMY, J.M. & MAUCHAMP, A. 2002. *Roselières: Gestion fonctionnelle et patrimoniale*. ATEN edit., Fondation EDF, Reserves Naturelles de France & Station Biologique Tour du Valat publ., Cahiers Techniques, N° 63: 1-96.
- SITZIA, T., SEMENZATO, P. & TRENTANOVI, G. 2010. Natural reforestation is changing spatial patterns of rural mountain and hill landscapes: A global overview. *Forest Ecology and Management*, 259, 1354-1362.



- SUÁREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M.R. 1983. La calidad de las aguas del canal de desagüe de «El Reguerón» (Río Guadalentín: Cuenca del Segura). *Anales de la Universidad de Murcia. Ciencias* - Vol. 42, Nº 1-4.
- SUÁREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M. R. 2000. Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR (Munné et al., 1998) a los cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura. *Tecnología del agua*, 201: 33-45.
- TURNER, R. & WARREN, R. 2003. Valuation of continuous and intermittent *Phragmites* control. *Estuaries and Coasts*, 26, 618-623.
- VELASCO, J. (Dir.). 2008. Manual para la restauración de riberas en la Cuenca del Río Segura. Confederación Hidrográfica del Segura.
- VIDAL-ABARCA, M.R. & SUÁREZ, M.L. 2007. Un modelo conceptual sobre el funcionamiento de los ríos mediterráneos sometidos a perturbaciones naturales (riadas y sequías). *Limnetica*, 26 (2): 277-292.
- WILLIAMS, C.M.J., BISWAS, T.K., BLACK, I.D., MARTON, L., CZAKO, M., HARRIS, P.L., POLLOCK, R., HEADING, S. & VIRTUE, J.G. 2009. Use of poor quality water to produce high biomass yields of giant reed (*Arundo donax* L.) on marginal lands for biofuel or pulp/paper. *Acta Hort. (ISHS)*, 806: 595-602.
http://www.actahort.org/books/806/806_74.htm
- WITJE, A. 2001. *Eradicating Arundo Donax from California Ecosystems: Establishing the most effective timing of mechanical and chemical procedures*. UC San Diego: California Sea Grant College Program.
- ZAPATA, V.M. Y ROBLEDANO, F. 2009. Hacia un modelo estructural para la conservación vegetal en fragmentos forestales del Municipio de Murcia. *IV Congreso de Biología de la Conservación de Plantas*, Almería.

9.2 Resultados de búsquedas

9.2.1 Base de datos ICYT

Salida de documentos de ICYT - Ciencia y Tecnología:

Parámetros de búsqueda: Campos básicos="caña común" , Autores="caña común" , Revista="caña común" , Tít. obra colect.="caña común" , Serie="caña común" , Congreso="caña común"

Documento nº 1

Núm Registro.....: 208291

Autores.....: Barrionuevo, R.

Tít. en español.....: Investigación tecnológica aplicada: Domocaña.



Tít. en inglés.....: Applied technology research: Domocaña.

Lugar de trabajo.....: Universidad Nacional Ingeniería, Lima, Perú

URL.....:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1252/1337>

ISSN de la revista...: 0020-0883

Título Revista.....: Informes de la construcción

Datos fuente.....: 2011, 63(523): 51-58, 7 Ref

Tipo documento.....: Artículo de monografía

Lengua.....: Español

Localizacion.....: ICYT

Clasif. Unesco.....: 330500

Clasif. texto.....: Tecnología de la construcción

Descriptor.....: Materiales de construcción; Caña común (Arundo donax); Bambú; Viviendas; Investigación aplicada; Techos; Caracterización fisicoquímica; Caracterización mecánica

Resumen.....: En Perú, hay una creciente necesidad de vivienda, en especial para las familias de extrema pobreza; además de ocurrencia de sismos y deterioro del medio ambiente. Es por esto que se busca nuevas soluciones con calidad, accesibles y ecológicas. Estudios realizados en Perú y otros países han mostrado la bondad de la caña o bambú como estructura sismo resistente, de distribución, cerramiento o decorativa. Sin embargo, su uso para vivienda de interés social es limitado; la población la usa en forma precaria. En ese contexto, se propuso y se desarrolló el techo Domocaña en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Fueron satisfactorios los ensayos de cargas estáticas en el Laboratorio del Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID-UNI). Las viviendas experimentales que se construyeron utilizando la tecnología mejorada del adobe y el techo domocaña resistieron cargas dinámicas en los sismos de Moquegua (2003) y Pisco (2007) sin sufrir daño alguno. La UNI, por encargo de la Comisión del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, y con el fin de dar la norma técnica, está estudiando las características físicas y mecánicas del material para establecer parámetros de diseño y condiciones constructivas para el uso de la caña y bambú en edificaciones. (A)

Documento nº 2

Núm Registro.....: 198459

Autores.....: Troya, M. T.; Rubio, F.; Prieto, M. J.; Lorenzo, D.; Fernández Cabo, J. L.; Schöftner, R.

Tít. en español.....: Durabilidad natural del carrizo (*Phragmites australis*) frente a organismos xilófagos: relación con otras especies forestales

Tít. en inglés.....: Short communication. Natural durability of reed (*Phragmites australis*) against wood decay organisms: relation to other forest species

Lugar de trabajo.....: Laboratorio Protección Maderas Dep. Productos Forestales (CIFOR-INIA), Madrid, España; Fac. Farmacia Univ. San Pablo, Boadilla del Monte (Madrid), España; Univ. Politécnica Madrid, Madrid, España; Functional Surfaces Nanostructures PROFACTOR GmbH, Steyr Gleink, Austria

URL.....: http://www.inia.es/gcontrec/pub/289-295_Natural_durability_1261038321687.pdf



ISSN de la revista.: 1131-7965

Título Revista.....: Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales

Datos fuente.....: 2009, 18(3): 289-295, 21 Ref

Tipo documento.....: Artículo de revista

Lengua.....: Inglés

Localizacion.....: ICYT

Clasif. Unesco.....: 310605

Clasif. texto.....: Productos

Descriptor.....: Graminaceae; Barreras acústicas; Insectos xilófagos; Durabilidad; Caña común (Arundo donax)

Resumen.....: Este trabajo presenta las investigaciones llevadas a cabo para determinar la durabilidad natural de *Phragmites communis* procedente de la región de Fertő, Hungría, frente a organismos xilófagos, con el objetivo de ser utilizado en el exterior, y en particular, como parte fundamental de una barrera acústica sostenible para carretera. *Phragmites communis* es una gramínea de gran tamaño que se desarrolla en humedales de zonas templadas y tropicales de todo el mundo. Suele utilizarse como herramienta natural para la depuración de aguas, y es especialmente relevante su uso potencial como depurador de humedales contaminados por las prácticas agrícolas. Debido a la necesidad de extraerlo periódicamente, las investigaciones que se realicen para su posible uso como material de construcción ofrecerían un valor añadido. Dada la ausencia de una normativa de referencia, y dado que el carrizo es un material lignocelulósico, el estudio de su durabilidad natural se ha enfocado a partir de las normas existentes para madera. Los ensayos demuestran que la durabilidad del carrizo húngaro es alta frente a algunos hongos y organismos xilófagos. (A)

Documento nº 3

Núm Registro.....: 192423

Autores.....: García Gómez, M.M.; García Domínguez, J.C.; Pérez Muñoz, A.; Alfaro Martínez, A.; López Baldovín, F.

Tít. en español.....: Prosopis, Retama monosperma. *Phragmites* y *Arundo donax* en cosechas sucesivas a uno y dos años de crecimiento, para la elaboración de pasta celulósica y papel

Tít. en inglés.....: Prosopis, Retama monosperma. *Phragmites* and *Arundo donax* Species Valoration for Pulp and Paper Production in One and Two Year Harvest

Lugar de trabajo.....: Dep. Ing. Quim. - Dep. Cienc. Agroforest. Univ. Huelva, Huelva, España

ISSN de la revista.: 0001-9704

Título Revista.....: Afinidad

Datos fuente.....: 2008, 65(537): 360-365, 24 Ref

Tipo documento.....: Artículo de monografía

Lengua.....: Español

Localizacion.....: ICYT

Clasif. Unesco.....: 331214; 310702

Clasif. texto.....: Papel, celulosa y cartón; Técnicas de cultivo



Descriptores.....: Pasta para papel; Pasta Retama (Retama sphaerocarpa); Prosopis; Caña común (Arundo donax)

Resumen.....: Se evalúa la aptitud de ciertas especies regeneradoras de terrenos degradados: Prosopis (variedades: alba y juliflora), Retama monosperma, Phragmites y Arundo donax, para la fabricación de pastas celulósicas y hojas de papel, mediante un proceso de pasteo organosolv alcalino. Se caracterizan y comparan las materias primas, pastas celulósicas y hojas de papel, para cosechas de un año (más rebrotes de un año de edad, después de haberlas cortado al año) y dos años de crecimiento. Las especies Retama monosperma, Phragmites y Arundo donax muestran potencialidad para su aprovechamiento industrial, en cosechas de corta rotación, para la obtención de pastas celulósicas y papel. Los números kappa de las pastas de 2º año están entre 10,3 y 12,6, con números de tracción entre 13,7 y 20,9 kNm/kg en las pastas sin refinar. Sin embargo la explotación industrial de las dos variedades de Prosopis precisaría su adecuación a tiempos de explotación más largos, que los estudiados en este trabajo. (A)

Salida de documentos de ICYT - Ciencia y Tecnología:

Parámetros de búsqueda: Campos básicos="Arundo donax" , Autores="Arundo donax" , Revista="Arundo donax" , Tít. obra colect.="Arundo donax" , Serie="Arundo donax" , Congreso="Arundo donax"

Documento nº 1

Núm Registro.....: 202546

Autores.....: Feria, M.J.; López, F.; García, J.C.; Zamudio, M.A.M.; Pérez, A.

Tít. en español.....: Energía y productos de hidrólisis a partir de cultivos industriales y forestales

Tít. en inglés.....: Energy and products by hydrolysis from forestry and industrial crops

Lugar de trabajo.....: Dep. Ing. Quim. Fac. Cienc. Exp. Univ. Huelva, Huelva, España

ISSN de la revista...: 0001-9704

Título Revista.....: Afinidad

Datos fuente.....: 2009, 66(544): 458-464, 31 Ref

Tipo documento.....: Artículo de revista

Lengua.....: Español

Localizacion.....: ICYT

Clasif. Unesco.....: 332205; 332202

Clasif. texto.....: Fuentes no convencionales de energía; Generación de energía

Descriptores.....: Cultivos agrícolas; Producción forestal; Biomasa energética; Materiales lignocelulósicos; Hidrólisis; aprovechamiento de residuos

Resumen.....: Se caracterizan química y energéticamente diversas especies vegetales de elevada producción de biomasa (Eucalyptus globulus, tallos de girasol, Chamaecitrys proliferus, Paulownia fortunei, Leucaena diversifolia y Arundo donax) y se estudia el proceso de autohidrólisis en condiciones no isotermas en un marco general de evaluación de la valorización por fraccionamiento y aprovechamiento integral de las fracciones lignocelulósicas con posterior aprovechamiento energético de la fase sólida post-hidrólisis. Los procesos de autohidrólisis se han revelado particularmente interesantes en el caso de las especies madereras estudiadas frente a las especies herbáceas con variaciones en la extracción de la fracción de xilano a 180°C entre el

19,7% de *Eucalyptus globulus* y el 36,8% de *Leucaena diversifolia* y a 200°C entre el 57,9% de *Paulownia fortunei* y el 79,1% de *Chamaecytisus proliferus*. Las especies madereras de corta rotación de cultivo ensayadas se manifiestan más susceptibles que la especie de referencia (*Eucalyptus globulus*) al proceso de autohidrólisis a bajas temperaturas. ... (A)

9.2.2 Bibliografía recopilada y web-referencias²¹

Título	Web (en su caso)
ABOU AUDA, M.M., EL-SAHHAR, K.F. and DEEB, N.Y., 2009. Phytosociological attributes of Wadi Gaza area, Gaza Strip, Palestine. <i>International Journal of Botany</i> , 5 (4), pp. 261-269.	
ABOAL, M. 1989. Flora algal del río Benamor (Cuenca del Segura, SE de España). <i>Limnética</i> , 5 : 1-11.	
ACA (sin fecha). Descripción de las medidas adoptadas para la mejora de la calidad hidromorfológica y biológica del medio, en: <i>Programa de medidas del Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Catalunya</i> . Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya.	http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/es/legislacio/projectes/PdM/CAPITOL_05.pdf
ACCIONATURA. 2009. La canya ja treu fum. <i>Restauració del Riu Llobregat</i> .	http://restauraciolllobregat.wordpress.com/tag/arundo-donax/
ACHAK, M., OUZZANI, N. and MANDI, L., 2011. Organic pollutants removal from olive mill wastewater by a combined system of a sand filter and an aquatic plant system. <i>Revue des Sciences de l'Eau</i> , 24 (1), pp. 35-51.	
ACUAMED (sin fecha). Restauración integral del bosque de ribera en el tramo del río Ebro entre Tortosa y la desembocadura (Términos municipales de Amposta y Sant Jaume d'Enveja, Tarragona).	http://www.acuamed.com/pdf/publicaciones/tarragona_recupera.pdf
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2008) ARS Annual Performance Report for FY 2007. USDA.	http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/02000000/ARSAnnualPerformanceReportFY2007/ARSAnnualPerformanceReportFY2007.pdf
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Investigation of Population Genetics of Arundo Donax and Insect Herbivores in Support of the Biological Control Program (411748) Annual Report	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411748&showpars=true&fy=2010
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River (414800) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=414800&showpars=true&fy=2009
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River for the Dept. Homeland Security (411718) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411718&showpars=true&fy=2009
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River for the Dept. Homeland Security (411718) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411718&showpars=true&fy=2007
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Gaining Strides Against a Giant Reed / July 16, 2007 / News from the USDA	http://www.ars.usda.gov/is/pr/2007/070716.htm
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Lassoing Wicked Weeds of the West. USDA.	http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jul07/weeds0707.htm
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: DISCOVERY AND INITIAL DEVELOPMENT OF CLASSICAL BIOLOGICAL CONTROL AGENTS FOR INVASIVE EURASIAN WEEDS AFFECTING AGRICULTURAL & NATURAL AREAS	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=409650&showpars=true&fy=2006
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Investigation of Population Genetics of Arundo Donax and Insect Herbivores in Support of the Biological Control Program (411748) Annual Report	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411748&showpars=true&fy=2007

²¹ Incluye tanto las referencias obtenidas mediante búsqueda en bases de datos bibliográficas (WOK, Scopus) y buscadores académicos (Google Scholar), como las adicionales obtenidas directamente en internet (ver por ejemplo: <http://www.delicious.com/francisco.robledano/Arundo>)



Título	Web (en su caso)
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Project: Investigation of Population Genetics of Arundo Donax and Insect Herbivores in Support of the Biological Control Program (411748) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411748&showpars=true&fy=2008
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Research Project: BIOLOGICAL CONTROL STRATEGIES FOR INVASIVE WEEDS OF SOUTHWESTERN U.S. WATERSHEDS	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=264698
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011) Research Project: BIOLOGICALLY BASED PEST MANAGEMENT FOR FIELD AND GREENHOUSE CROPS	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=208205
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). Biology of the galling wasp, <i>Tetramesa romana</i> , a biological control agent of giant reed.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=229772
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). Economic implications for the biological control of <i>Arundo donax</i> : Rio Grande Basin.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=245978&pf=1
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). Pre-release assessment of impact on <i>Arundo donax</i> by the candidate biological control agents, <i>Tetramesa romana</i> (Hymenoptera: Eurytomidae) and <i>Rhizaspidotus donacis</i> (Homoptera: Diaspididae) under quarantine conditions.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=244189
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). Seasonality and movement of adventive populations of the arundo wasp (Hymenoptera: Eurytomidae), a biological control agent of giant reed in the Lower Rio Grande Basin in south Texas.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=245113
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). The effect of the armored scale, <i>Rhizaspidotus donacis</i> (Hemiptera: Diaspididae) on shoot growth of the invasive plant <i>Arundo donax</i> (Arundinoideae)	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=264698&pf=1
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011). THE POTENTIAL CONTRIBUTION OF NATURAL ENEMIES FROM MEDITERRANEAN EUROPE TO THE MANAGEMENT OF THE INVASIVE WEED ARUNDO DONAX (GRAMINAE:ARUNIDINAE) IN THE USA	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=176035
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011): Raymond Carruthers. USDA.	http://www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm?personid=894
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011): Walker Jones. USDA.	http://www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm?personid=44367
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011): Patrick Joseph Moran. USDA.	http://www.ars.usda.gov/pandp/people/people.htm?personid=22382
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigation of Population Genetics of Arundo Donax and Insect Herbivores in Support of the Biological Control Program (411748) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411748&showpars=true&fy=2009
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigation of the Biology of the Arundo Scale, <i>Rhizaspidotus Donacis</i> , in Its Native Range in Spain (412819)	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=412819
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigation of the Biology of the Arundo Scale, <i>Rhizaspidotus Donacis</i> , in Its Native Range in Spain (412819) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=412819&showpars=true&fy=2010
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigation of the Biology of the Arundo Scale, <i>Rhizaspidotus Donacis</i> , in Its Native Range in Spain (412819) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=412819&showpars=true&fy=2009
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigation of the Impact of Arundo Donax in Mexico and Evaluation of Candidate Biological Control Agents (412776) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=412776&showpars=true&fy=2008
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Investigations for Identification and Development of New Biological Control Organisms for the Riparian Weed Arundo Or Giant Reed (410272).	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?accn_no=410272
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE (2011)Project: Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River for the Dept. Homeland Security (411718) Annual Report.	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=411718&showpars=true&fy=2008
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE Project (2011) : Investigation of the Biology of the Arundo Scale, <i>Rhizaspidotus Donacis</i> , in Its Native Range in Spain (412819) Annual Report	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=412819&showpars=true&fy=2008



Título	Web (en su caso)
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE Project: Biological Control Strategies for Invasive Weeds of Southwestern U.S. Watersheds (420353)	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=420353
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. (2011). Arundo Donax - giant reed; an invasive weed of the Rio Grande Basin.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=208205&pf=1
AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. (2011). Biology of the armored scale Rhizaspidotus donacis (Hemiptera: Diaspididae), a candidate agent for biological control of giant reed (Arundo donax).	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=244818
AGUIAR, F. C., FERREIRA, M. T. & MOREIRA, I. 2001. Exotic and native vegetation establishment following channelization of a western Iberian river. <i>Regulated Rivers: Research & Management</i> , 17, 509-526.	
AGUIAR, F. C., FERREIRA, M. T., ALBUQUERQUE, A. & MOREIRA, I. 2007. Alien and endemic flora at reference and non-reference sites in Mediterranean-type streams in Portugal. <i>Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems</i> , 17, 335-347.	
AHMAD, R., LIOW, P.-S., SPENCER, D. F. & JASIENIUK, M. 2008. Molecular evidence for a single genetic clone of invasive Arundo donax in the United States. <i>Aquatic Botany</i> , 88, 113-120.	
ALCARAZ, F. & RIOS, S. 1995. Análisis de la flora higrófila de la cuenca del Segura (sudeste de España). <i>Anales del Jardín Botánico de Madrid</i> , 53, Nº 2: 219-231	http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1411239
AMBROSE, R.F., 2004. Influence of nutrient loading in the invasion of an Alien Plant species, Giant Reed (Arundo donax), in Southern California Riparian Ecosystems (Extended project - "Effects of Fire on Giant Reed (Arundo donax) Invasion in Riparian Ecosystems"). <i>Report - University of California Water Resources Center</i> , (105), pp. 27-30.	
AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2007. Influence of Nutrient Loading on the Invasion of an Alien Plant Species, Giant Reed (Arundo donax), in Southern California Riparian Ecosystems. Technical Completion Reports, University of California Water Resources Center, UC Berkeley.	
ANDERSON, L. W. J. 2003. A review of aquatic weed biology and management research conducted by the United States Department of Agriculture—Agricultural Research Service. <i>Pest Management Science</i> , 59, 801-813.	
ANDREU J. & VILÀ M. 2007. Análisis de la gestión de las plantas exóticas en los espacios naturales españoles. <i>Ecosistemas</i> , 2007/3.	http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=505&id_Categoria=1&tipo=portada
ANDREU, J., VILÀ, M. & HULME, P. 2009. An Assessment of Stakeholder Perceptions and Management of Noxious Alien Plants in Spain. <i>Environmental Management</i> , 43, 1244-1255.	
ANGELINI, L. G., CECCARINI, L. & BONARI, E. 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (Arundo donax L.) cropped in central Italy as related to different management practices. <i>European Journal of Agronomy</i> , 22, 375-389.	
ANGELINI, L.G., CECCARINI, L., NASSI O DI NASSO, N. and BONARI, E., 2009. Comparison of Arundo donax L. and Miscanthus x giganteus in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. <i>Biomass and Bioenergy</i> , 33(4), pp. 635-643.	
ANÓNIMO (2007) Arundo donax L.	http://nathistoc.bio.uci.edu/Plants%20of%20Upper%20Newport%20Bay%20(Robert%20De%20Ruff)/Poaceae/Arundo%20donax.htm
ARUNDO DONAX ADHOC COMMITTEE (2006) Final Report On Arundo Donax (<i>Giant Reed Grass</i>)	http://mulch.cropsoil.uga.edu/Special/FinalReport11-04.pdf
AUSTRALIAN NEW CROPS WEB SITE (2008) <i>Arundo donax</i> (Poaceae).	http://www.newcrops.uq.edu.au/listing/species_pages_A/Arundo_donax.htm
BANARES, Á., BLANCA, G., GÜEMES, J., MORENO, J.C. & ORTIZ, S. (Eds.) 2004. Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Madrid, 1.069 pp.	
BASKIN, Y. 1998. Winners and Losers in a Changing World. <i>BioScience</i> , 48: 788-792.	
BERNEZ, I., AGUIAR, F., VIOLLE, C. & FERREIRA, T. 2006. Invasive river plants from Portuguese floodplains: What can	



Título	Web (en su caso)
species attributes tell us? <i>Hydrobiologia</i> , 570, 3-9.	
BELL, G. P. 1997. Ecology and management of <i>Arundo donax</i> , and approaches to riparian habitat restoration in southern California. In: BROCK, J. H.; WADE, M.; PYSEK, P. & GREEN, D. (Eds.) <i>Plant invasions: studies from North America and Europe</i> . Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands: 103-113.	
BESSOU, C.(2009) Greenhouse gas emissions of biofuels: improving Life Cycle Assessments by taking into account local production factors	http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/45/30/03/PDF/C.Bessou_Ph.D._2009.pdf
BOLAND, J.M. 2006. The importance of layering in the rapid spread of <i>Arundo donax</i> (Giant reed). <i>Madroño</i> , 53 (4): 303-312.	
BONADA CAPARRÓS, NÚRIA (2003) Ecology of the macroinvertebrate communities in Mediterranean rivers at different scales and organization levels.	http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0722103-091734/
BONANNO, G. & GIUDICE, R. 2010. Application of Two Quality Indices as Monitoring and Management Tools of Rivers. Case Study: The Imera Meridionale River, Italy. <i>Environmental Management</i> , 45, 856-867.	
BOOSE, A. B. & HOLT, J. S. 1999. Environmental effects on asexual reproduction in <i>Arundo donax</i> . <i>Weed Research</i> , 39, 117.	
BOTTO, J. F., SANCHEZ, R. A., WHITELAM, G. C. & CASAL, J. J. 1996. Phytochrome A Mediates the Promotion of Seed Germination by Very Low Fluences of Light and Canopy Shade Light in <i>Arabidopsis</i> . <i>Plant Physiology</i> , 110, 439-444.	
BRUNEL, S. <i>Plantes envahissantes dans les régions méditerranéennes du monde Proceedings of the International Workshop/Actes de l'atelier de travail international, Mèze, France</i> . Council of Europe Publishing.	http://especies-envahissantes-outremer.fr/pdf/invasive_plants_mediterranean_regions_meze.pdf
Bunce, R.G.H. ; Roche, P. ; Bogers, M.M.B. ; Walczak, M. ; Blust, G., de ; Geijzendorffer, I.R. ; Borre, J., Vanden ; Jongman, R.H.G. (2010) European Biodiversity Observation Network: Design of a plan for an integrated biodiversity observing system in space and timeD 4.3: Field Handbook	http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/392450
CABALLERO, C. 2011. Las cañas que se 'autoeliminan'. <i>La Opinión de Murcia</i> , 6/03/2011.	http://www.laopiniondemurcia.es/municipios/2011/03/06/canas-autoeliminan/307138.html
CALHEIROS, C. S. C., QUITÉRIO, P. V. B., SILVA, G., CRISPIM, L. F. C., BRIX, H., MOURA, S. C. & CASTRO, P. M. L. 2012. Use of constructed wetland systems with <i>Arundo</i> and <i>Sarcocornia</i> for polishing high salinity tannery wastewater. <i>Journal of Environmental Management</i> , 95, 66-71.	
CALHEIROS, C.S.C., TEIXEIRA, A., PIRES, C., FRANCO, A.R., DUQUE, A.F., CRISPIM, L.F.C., MOURA, S.C. and CASTRO, P.M.L., 2010. Bacterial community dynamics in horizontal flow constructed wetlands with different plants for high salinity industrial wastewater polishing. <i>Water research</i> , 44(17), pp. 5032-5038.	
CALIFORNIA AGRICULTURE (2008). <i>Safe alternatives to replace invasives in California gardens</i> .	http://ucce.ucdavis.edu/files/repository/calag/fullissues/Cv062n03.pdf
Caparrós S., Ariza J., Díaz M.J., Hernanz D., López F., Ruiz-Viera M.J. (2005) Hydrothermal and ethanol-water pulping of <i>Arundo donax</i> L cane. A preliminary study. <i>10th Mediterranean Congress of Chemical Engineering</i> .	http://www2.ub.edu/10mediterraneo/accepted.html
CAYUELA, M. & WEYERMAIR, H. 2009. El manejo de la vegetación ribereña y sus efectos hidráulicos. <i>Revista de Obras Públicas</i> , 3495: 23-30.	http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Articulos%20Técnicos/Vegetacion%20ribera%20C3%B1a%20%20sus%20efectos%20hidraulicos.pdf
CEOTTO, E. & DI CANDILO, M. 2010. Shoot cuttings propagation of giant reed (<i>Arundo donax</i> L.) in water and moist soil: The path forward? <i>Biomass and Bioenergy</i> , 34, 1614-1623.	
CHRISTOPHER, CORY C. (2008) Effects of invasive <i>Amur honeysuckle</i> (<i>Lonicera mackii</i>) and white-tailed deer (<i>Odocoileus virginianus</i>) on native plants, leaf litter communities, and soil. <i>Invasion of native systems by exotic plants affects both plant and litter characteristics (Samways et al. 1996), and also can impact litter invertebrates. For example, invasive Arundo donax (giant reed) altered litter moisture, increased proportion of bare ground, and reduced food resources for phytophagous insects along streams in San Francisco (Herrera and Dudley 2003)</i> . HERRERA, A.M. & T.L. DUDLEY. 2003. <i>Reduction of riparian arthropod</i>	http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin1212097775



Título	Web (en su caso)
<i>abundance and diversity as a consequence of giant reed (Arundo donax) invasion. Biological Invasions 5: 167-177.</i>	
CHRISTOU, M., MARDIKIS, M., ALEXOPOULOU, E., COSENTINO, S. L., COPANI, V. & SANZONE, E. 2003. Environmental studies on Arundo donax. In: LEKKAS, T. D. (ed.) <i>Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology, Vol B, Poster Presentations.</i>	
COFFMAN, G.C., AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2004. Invasion of Arundo donax in river ecosystems of Mediterranean climates: causes, impacts and management strategies. M. Arianoutsou & W. Papanastasis (Eds.). <i>Proceedings of the 10th MEDECOS Conference, 25 April – 1 May 2004, Rhodes Island, Greece.</i> , pp. 1-8. Millpress Science Publishers, Rotterdam.	
COFFMAN, G.C. 2007. Factors Influencing Invasion of Giant Reed (Arundo donax) in Riparian Ecosystems of Mediterranean-type Climate Regions. Ph D. Diss., University of California, Los Angeles.	
COFFMAN, G. C., AMBROSE, R. F. & RUNDEL, P. W. 2010. Wildfire promotes dominance of invasive giant reed (Arundo donax) in riparian ecosystems. <i>Biological Invasions</i> , 12, 2723-2734.	
COLMEIRO, M. 1889. Enumeración y revisión de las plantas de la península Hispano-lusitana é islas Baleares, con la distribución geográfica de las especies, y sus nombres vulgares, tanto nacionales como provinciales. Imprenta de la Viuda e Hija de Fuentenebro, Madrid.	
COMITÉ ASESOR NACIONAL SOBRE ESPECIES INVASORAS. (2010). Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.	http://www.conabio.gob.mx/institucion/Doc/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (2008) Relazioni degli Istituti RI 2007. Agroalimentare (Micropropagazione Arundo donax)	http://www.cnr.it/documenti/DocumentiProgrammatici/ISTITUTI/RI2007_03.pdf
CORENBLIT, D., STEIGER, J., GURNELL, A. M., TABACCHI, E. & ROQUES, L. 2009. Control of sediment dynamics by vegetation as a key function driving biogeomorphic succession within fluvial corridors. <i>Earth Surface Processes and Landforms</i> , 34, 1790-1810.	
CORTÉS, E., MARCOS, M.A. & GOOLSBY, J. 2009. Buscando el antídoto natural en la lucha contra el "carrizo gigante". <i>Cuadernos de Biodiversidad</i> , 29: 20-24.	http://www.ua.es/es/informacion/biodiversidad/cuadbi029.pdf
COSENTINO, S. L., COPANI, V., D'AGOSTA, G. M., SANZONE, E. & MANTINEO, M. 2006. First results on evaluation of Arundo donax L. clones collected in Southern Italy. <i>Industrial Crops and Products</i> , 23, 212-222.	
CRABIT, A., COLIN, F. and MOUSSA, R., 2011. A soft hydrological monitoring approach for comparing runoff on a network of small poorly gauged catchments. <i>Hydrological Processes</i> , 25(18), pp. 2785-2800.	
CUSHMAN, J.H. and GAFFNEY, K.A., 2010. Community-level consequences of invasion: Impacts of exotic clonal plants on riparian vegetation. <i>Biological Invasions</i> , 12(8), pp. 2765-2776.	
DANA, E.D., E. SOBRINO & M. SANZ-ELORZA. 2004. <i>Plantas invasoras en España: un nuevo problema en las estrategias de conservación.</i> Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.	http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/flora_vascular/pdf/c5.pdf
DANIN, A. 2004. Arundo (Gramineae) in the Mediterranean Reconsidered. <i>Willdenowia</i> , 34, 361.	
DAQUILA, P. (2011) Biofuels and the elusive Arundo wasp.	http://news21.jomc.unc.edu/index.php/powering-a-nation-blog/the-elusive-arundo-wasp.html
DEBANO, L. F.; NEARY, D. G. & FFOLLIOTT P. F. 1998. Wetlands and riparian ecosystems. In: DEBANO, L. F.; NEARY, D. G. & FFOLLIOTT P. F. (Eds.). <i>Fire's effects on ecosystems.</i> New York: John Wiley & Sons, Inc: 229-245.	
DE LANGE, W. J., STAFFORD, W. H. L., FORSYTH, G. G. & LE MAITRE, D. C. 2012. Incorporating stakeholder preferences in the	

Título	Web (en su caso)
selection of technologies for using invasive alien plants as a bio-energy feedstock: Applying the analytical hierarchy process. <i>Journal of Environmental Management</i> , 99, 76-83.	
DECRUYENAERE, J.G. and HOLT, J.S., 2005. Ramet demography of a clonal invader, <i>Arundo donax</i> (Poaceae), in Southern California. <i>Plant and Soil</i> , 277(1-2), pp. 41-52.	
DEL AMO, M. 1861. Distribución geográfica de las familias de las plantas crucíferas, leguminosas, rosáceas, salsoláceas, amentáceas, coníferas y gramíneas de la Península Ibérica. (Memoria premiada en 1860). Memorias - Serie Primera. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Tomo V: 224-436.	
DELTORO, V., C. PEÑA, A. SEBASTIAN, P. GARCÍA-FAYOS, R. DIAZ, L. TEJEDOR, A. ENGUIX & J. JIMÉNEZ. 2012. A quantitative analysis of four <i>Arundo donax</i> control methods, en: Taller: técnicas de control de <i>Arundo donax</i> . Jornadas sobre Especies Exóticas Invasoras en Ríos y Zonas Húmedas, Valencia.	
DEPARTMENT OF DEFENSE (2010) INVASIVE SPECIES GUIDEBOOK FOR DEPARTMENT OF DEFENSE INSTALLATIONS IN THE CHESAPEAKE BAY WATERSHED	http://www.denix.osd.mil/nr/upload/06-328-Invasive-Species-Guidebook-for-DoD-Installations-in-the-CBW.pdf
DISCOVER LIFE (2011) <i>Arundo donax</i> - Giant reed	http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Arundo+donax&guide=North_American_Invasives
DUARTE, M.C., AGUIAR, F.C., FERREIRA, M.T. & ALBUQUERQUE, A. 2007. Pode a Vegetação das Galerias Ribeirinhas Reflectir as Perturbações Resultantes da Actividade Humana?. <i>Silva Lusitana</i> , 15(2): 257 – 276.	http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/slu/v15n2/v15n2a08.pdf
DUDLEY, T.L. <i>et al.</i> (2008). Herbivores associated with <i>Arundo donax</i> in California.	http://www.easternct.edu/~lamberta/Herbivores%20of%20Arundo%20in%20California.pdf
DUKES J.S. & MOONEY, H.S. (2004) Disruption of ecosystem processes in western North America by invasive species. <i>Revista Chilena de Historia Natural</i> 77: 411-437.	http://dqe.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes&Mooney2004.pdf
EL HAMOURI, B., NAZIH, J. and LAHJOUJ, J., 2007. Subsurface-horizontal flow constructed wetland for sewage treatment under Moroccan climate conditions. <i>Desalination</i> , 215(1-3), pp. 153-158.	
EPA (2009) APPENDIX D INVASIVE RIPARIAN PLANT IDENTIFICATION GUIDES.	http://www.epa.gov/wed/pages/publications/authored/EP A620R-06003EMAPSWFieldOperationsManualAppendixD.pdf
ESTEVE, M.A. & ROBLEDANO, F. (Dir.) 2009. Reconocimiento e identificación de áreas de restauración ambiental en ramblas litorales de la Región de Murcia, Valle del Guadalentín y río Segura entre el Azud de Ojós y Contraparada. Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)-TRAGSA.	
EVERITT, J.H., YANG, C., FLETCHER, R. and DELOACH, C.J., 2008. Comparison of QuickBird and SPOT 5 satellite imagery for mapping giant reed. <i>Journal of Aquatic Plant Management</i> , 46(1), pp. 77-82.	
FEIS (2009) <i>Arundo donax</i>	http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/arundo/all.html
FELIU BLANCH, J. 2010. Restauración ecológica del río Llobregat a su paso por El Papiol y Pallejà, Baix Llobregat. CONAMA 10, Madrid.	http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/Paneles/1335816525_panel.pdf
FERDINANDS, K., VIRTUE, J., JOHNSON, S. B. & SETTERFIELD, S. A. 2011. 'Bio-insecurities': managing demand for potentially invasive plants in the bioeconomy. <i>Current Opinion in Environmental Sustainability</i> , 3, 43-49.	
FERREIRA, M.T., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P.M., AGUIAR, F.C. and ALBUQUERQUE, A., 2005. Assessing biotic integrity in Iberian rivers: Development of a multimetric plant index. <i>Ecological Indicators</i> , 5(2), pp. 137-149.	
FERRER MERINO, F. and DONAT, P.M., 2011. Invasive plants in the coastal vegetal communities in Valencia (Spain). <i>Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca</i> , 39(1), pp. 9-17.	
FERRERAS, C. 1983. Los tarayales españoles y su significación paisajística. <i>Anales de Geografía de la Universidad Complutense</i> , 6: 185-201.	
FINCH, DEBORAH M. & GERALD W. WILLIAMS (1999) Rio	http://hdl.handle.net/1957/11122



Título	Web (en su caso)
Grande ecosystems : linking land, water, and people : toward a sustainable future for the Middle Rio Grande Basin Rocky Mountain Research Station, Ogden.	
FONSECA, F., DE FIGUEIREDO, T. & MARTINS, A. 2011. Survival and early growth of mixed forest stands installed in a Mediterranean Region: Effects of site preparation intensity. <i>Forest Ecology and Management</i> , 262, 1905-1912.	
FORNELL, T.C. 1990. Widespread adventive plants in Catalonia. In: F. DI CASTRI, A.J. HANSEN & M. DEBUSSCHE (Eds.). Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin. Kluwer Academic Publishers, Boston: pp. 85-104	
FRANCSISCO, L., JUAN CARLOS, G., ANTONIO, P., M. JAVIER, F., MINERVA A.M., Z. and GIL, G., 2010. Chemical and energetic characterization of species with a high-biomass production: Fractionation of their components. <i>Environmental Progress and Sustainable Energy</i> , 29(4), pp. 499-509.	
FRYDA, L.E., PANOPOULOS, K.D. and KAKARAS, E., 2008. Agglomeration in fluidised bed gasification of biomass. <i>Powder Technology</i> , 181(3), pp. 307-320.	
GAERTNER, M., DEN BREEYEN, A., CANG HUI & RICHARDSON, D. M. 2009. Impacts of alien plant invasions on species richness in Mediterranean-type ecosystems: a meta-analysis. <i>Progress in Physical Geography</i> , 33, 319-338.	
GARCÍA LORENZO, R. 2010. Peligrosidad de las aguas de avenidas en los cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la franja costera meridional de la región de Murcia. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.	
GARCÍA ORTUNO, T. <i>et al.</i> (2010). Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from Giant reed <i>Arundo donax</i> L. <i>Bioresources</i> , 6(1): 477-486.	http://ncsu.edu/bioresources/BioRes_06/BioRes_06_1_0477_GarciaOrtuno_AFFF_Eval_Phys_Mechan_Particleboard_ArundoD_1300.pdf
GARCÍA-LLORENTE, M., MARTÍN-LÓPEZ, B., NUNES, P., GONZÁLEZ, J., ALCORLO, P. & MONTES, C. 2011. Analyzing the Social Factors That Influence Willingness to Pay for Invasive Alien Species Management Under Two Different Strategies: Eradication and Prevention. <i>Environmental Management</i> , 48, 418-435.	
GARCÍA-NOVO, F., GARCÍA, J. C. E., CAROTENUTO, L., SEVILLA, D. G. & LO FASO, R. P. F. 2007. The restoration of El Partido stream watershed (Doñana Natural Park): A multiscale, interdisciplinary approach. <i>Ecological Engineering</i> , 30, 122-130.	
GEORGIOU, ELLI GEORGE (2002) <i>Xeriscape guidelines adapted to residential gardens in Cyprus</i> . Thesis, Master of Landscape Architecture (M.L.A.). University of New Orleans.	http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-0603102-144115/
GILLESPIE, T. W., FOODY, G. M., ROCCHINI, D., GIORGI, A. P. & SAATCHI, S. 2008. Measuring and modelling biodiversity from space. <i>Progress in Physical Geography</i> , 32, 203-221.	
GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. 2011. Species: <i>Arundo donax</i> L.	http://data.gbif.org/species/2703041/
GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. 2011. Species: <i>Arundo plinii</i> Turra.	http://data.gbif.org/species/4110556/
GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2010). <i>Arundo donax</i> .	http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=ss&st=sss&fr=1&sn=&rn=&hci=-1&ei=168&x=40&y=5
GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2010). <i>Arundo donax</i> .	http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss&fr=1&str=&lang=EN
GOING, B. & DUDLEY, T. 2008. Invasive riparian plant litter alters aquatic insect growth. <i>Biological Invasions</i> , 10, 1041-1051.	
GOLET, G.H., BROWN, D.L., CRONE, E.E., GEUPEL, G.R., GRECO, S.E., HOLL, K.D., JUKKOLA, D.E., KONDOLF, G.M., LARSEN, E.W., LIGON, F.K., LUSTER, R.A., MARCHETTI, M.P., NUR, N., ORR, B.K., PETERSON, D.R., POWER, M.E., RAINEY, W.E., ROBERTS, M.D., SILVEIRA, J.G., SMALL, S.L., VICK, J.C. WILSON, D.S. & WOOD, D.M. 2003. Using Science to Evaluate Restoration Efforts and Ecosystem Health on the Sacramento River Project, California. En: FABER, P.M. (Ed.) 2003. California Riparian Systems: Processes and Floodplain Management, Ecology and Restoration. 2001. Riparian Habitat and Floodplains Conference Proceedings, Riparian Habitat Joint Venture, Sacramento, California.	



Título	Web (en su caso)
GÓMEZ DÍAZ, C.J. (2007) Understanding Biomass Pyrolysis Kinetics: Improved Modeling -based on -comprehensive -thermokinetic Analysis. Thesis / Dissertation	http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0222107-121140/
GOOLSBY, J. 2008. Annual report of contributing project to cooperative Regional Project W2185. Biological control in pest management systems of plants.	http://cnr.berkeley.edu/biocon/W2185%202008%20Goolsby.pdf
GOOLSBY, J. A., MORAN, P. J., ADAMCZYK, J. J., KIRK, A. A., JONES, W. A., MARCOS, M. A. & CORTÉS, E. 2009. Host range of the European, rhizome-stem feeding scale <i>Rhizaspidiotus donacis</i> (Hemiptera: Diaspididae), a candidate biological control agent for giant reed, <i>Arundo donax</i> (Poales: Poaceae) in North America. <i>Biocontrol Science and Technology</i> , 19, 899.	
GOOLSBY, J., C. YANG, J. EVERITT & D. SPENCER (2010). Pilot Test of Insect Biological Control Agents to Control Arundo Donax, Carrizo Cane on the Rio Grande River for the Dept. Homeland Security. Texas Department of Agriculture Project Database.	http://www.texasagresearch.com/articledetails.aspx?ID=2802
GOOLSBY, J., J. PATT, R. PFANNENSTIEL & J. ADAMCZYK (2010). Biologically Based Pest Management for Field and Greenhouse Crops. Texas Department of Agriculture Project Database	http://www.texasagresearch.com/articledetails.aspx?ID=2806
GOOLSBY, J., R. J. COLEMAN, G. W. ELZEN, R. S. PFANNENSTIEL & J. H. DELEON (2005). Biologically-Based Integrated Pest Management for Field and Greenhouse Crop Pests. Texas Department of Agriculture Project Database.	http://www.texasagresearch.com/articledetails.aspx?ID=107
GOOLSBY, J., R. J. COLEMAN, R. PFANNENSTIEL, J. PATT, & J. ADAMCZYK (2010). Biologically Based Pest Management for Field and Greenhouse Crops. Texas Department of Agriculture Project Database.	http://www.texasagresearch.com/articledetails.aspx?ID=3244
GOOLSBY, J.A. and MORAN, P., 2009. Host range of <i>Tetramesa romana</i> Walker (Hymenoptera: Eurytomidae), a potential biological control of giant reed, <i>Arundo donax</i> L. in North America. <i>Biological Control</i> , 49(2), pp. 160-168.	
GOOLSBY, J.A., KIRK, A.A., MORAN, P.J., RACELIS, A.E., ADAMCZYK, J.J., CORTÉS, E., GARCÍA, M.Á.M., JIMENEZ, M.M., SUMMY, K.R., CIOMPERLIK, M.A. and SANDS, D.P.A., 2011. Establishment of the armored scale, <i>rhizaspidiotus donacis</i> , a biological control agent of arundo donax. <i>Southwestern Entomologist</i> , 36(3), pp. 373-374.	
GOOLSBY, J.A., MORAN, P.J., ADAMCZYK, J.J., KIRK, A.A., JONES, W.A., MARCOS, M.A. and CORTÉS, E., 2009. Host range of the European, rhizome-stem feeding scale <i>Rhizaspidiotus donacis</i> (Hemiptera: Diaspididae), a candidate biological control agent for giant reed, <i>Arundo donax</i> (Poales: Poaceae) in North America. <i>Biocontrol Science and Technology</i> , 19(9), pp. 899-918.	
GORDON, D. R., TANCIG, K. J., ONDERDONK, D. A. & GANTZ, C. A. 2011. Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian Weed Risk Assessment. <i>Biomass and Bioenergy</i> , 35, 74-79.	
GREEN, ROBERT O. (2002) Proceedings of the 11th JPL Airborne Earth Science Workshop: Mapping the Invasive Plant <i>Arundo donax</i> and Associated Riparian Vegetation Using AVIRIS D. (DiPietro, S. L. Ustin, & E. Underwood)	http://hdl.handle.net/2014/41843
GUTHRIE, G. (2007). Impacts of the invasive reed <i>Arundo donax</i> on biodiversity at the community-ecosystem level. MSc Thesis, Biodiversity and Conservation Biology Department, University of the Western Cape (South Africa).	http://etd.uwc.ac.za/usrfiles/modules/etd/docs/etd_gen8_Srv25Nme4_8478_1194347734.pdf
HARVEY, K. J., BRITTON, D. R. & MINCHINTON, T. E. 2010. Insect diversity and trophic structure differ on native and non-indigenous congeneric rushes in coastal salt marshes. <i>Austral Ecology</i> , 35, 522-534.	
HARVEY, K. J., BRITTON, D. R. & MINCHINTON, T. E. 2011. Mortality of a herbivorous insect is greater on non-indigenous congeneric compared to native rush in coastal salt marsh. <i>Australian Journal of Entomology</i> , 50, 52-60.	
HENDERSON, L. 2012. Invasive alien plants in southern Africa Part 5 The Grasses (Poaceae). <i>SABONET News</i> 7.3: 178	http://www.sabonet.org.za/aliens/aliens_part5_poaceae.htm



Título	Web (en su caso)
HERRERA, A.M. and DUDLEY, T.L., 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (<i>Arundo donax</i>) invasion. <i>Biological Invasions</i> , 5(3), pp. 167-177.	
HODDLE, MARK S. & MARSHALL W. JOHNSON. 2006. <i>CCBC V proceedings</i> . Department of Entomology, University of California, Riverside.	http://www.cnr.berkeley.edu/biocon/Complete%20Proceedings%20for%20CCBC%20V.pdf
HOLLAND-CLIFT, S., O'DOWD, D. J. & MAC NALLY, R. 2011. Impacts of an invasive willow (<i>Salix x rubens</i>) on riparian bird assemblages in south-eastern Australia. <i>Austral Ecology</i> , 36, 511-520.	
HOLMES, P. M., ESLER, K. J., RICHARDSON, D. M. & WITKOWSKI, E. T. F. 2008. Guidelines for improved management of riparian zones invaded by alien plants in South Africa. <i>South African Journal of Botany</i> , 74, 538-552.	
HONG, Y., HU, H.Y., SAKODA, A. and SAGEHASHI, M., 2010. Isolation and characterization of anti-algal allelochemicals from <i>Arundo donax</i> L. <i>Allelopathy Journal</i> , 25(2), pp. 357-368.	
HOOD, W.G. & NAIMAN, R.J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. <i>Plant Ecology</i> , 148:105-114.	
IDRIS, S., JONES, P., SALZMAN, S. & ALLINSON, G. Performance of the Giant Reed (<i>Arundo donax</i>) in Experimental Wetlands Receiving Variable Loads of Industrial Stormwater. <i>Water, Air, & Soil Pollution</i> , 1-9.	
ISSG DATABASE (2010) Gestion et Liens concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&ri=&lang=FR
ISSG DATABASE (2010) Références concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/references.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=FR
ISSG DATABASE (2011) Ecologie (<i>Arundo donax</i>).	http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=FR
ISSG DATABASE (2011) Ecologie (<i>Arundo donax</i>).	http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=112&fr=1&sts=&%20ang=EN&ver=print&prtflag=false&lang=FR
ISSG DATABASE (2011) Ecologie (<i>Arundo donax</i>).	http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=EN
ISSG DATABASE (2011) Management and Information Links for <i>Arundo donax</i> .	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=EN
ISSG DATABASE (2011) Gestion et Liens concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&fr=1&sts=sss&lang=FR
ISSG DATABASE (2011) Gestion et Liens concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=FR&ver=print&prtflag=false
ISSG DATABASE (2011) Management and Information Links for <i>Arundo donax</i> .	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=EN&ver=print&prtflag=false
ISSG DATABASE (2011) Management and Information Links for <i>Arundo donax</i> .	http://www.issg.org/database/species/management_info.asp?si=112&ri=
ISSG DATABASE (2011) Références concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/references.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=FR&ver=print&prtflag=false
ISSG DATABASE (2011) Références concernant <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/references.asp?si=112&fr=1&sts=sss&lang=FR
ISSG DATABASE (2011) References for <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/references.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=EN
ISSG DATABASE (2011) References for <i>Arundo donax</i>	http://www.issg.org/database/species/references.asp?si=112&fr=1&sts=&lang=EN&ver=print&prtflag=false
JIMÉNEZ, J. 2012. Proyecto de I+D+i: Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales para Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos. Jornadas sobre Especies Exóticas Invasoras en Ríos y Zonas Húmedas, Valencia.	
JULIEN, M. H. SFORZA, R. BON, M. C. EVANS, H. C. HATCHER, P. E. HINZ, H. L. RECTOR, B. G. (2008) <i>Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds</i> . La Grande Motte, France, 22-27	http://www.cabi.org/cabebooks/?bookid=413&loadmodule=pdfhier&page=45&part=7770&site=107
KHUDAMRONGSAWAT, J., TAYYAR, R. and HOLT, J.S., 2004. Genetic diversity of giant reed (<i>Arundo donax</i>) in the Santa Ana	



Título	Web (en su caso)
River, California. <i>Weed Science</i> , 52 (3), pp. 395-405.	
KONDOLF, G. MATHIAS M ; PODOLAK, KRISTEN ; GAFFNEY, ANDREA (2010) From High Rise to Coast: Revitalizing Ribeira da Barcarena	http://ideas.repec.org/p/cdl/bineur/1468599.html
KOTTI, I.P., GIKAS, G.D. and TSIHRINTZIS, V.A., 2010. Effect of operational and design parameters on removal efficiency of pilot-scale FWS constructed wetlands and comparison with HSF systems. <i>Ecological Engineering</i> , 36 (7), pp. 862-875.	
KUS, BARBARA E & BEYERS, JAN L., technical coordinators. (2005). <i>Planning for Biodiversity: Bringing Research and Management Together</i> . Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-195. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture; 274 p. Incluye: DAWN M. LAWSON, JESSE A. GIESSOW, & JASON H. GIESSOW. <i>The Santa Margarita River Arundo donax Control Project: Development of Methods and Plant Community Response: 229-244</i> .	http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr195/psw_gtr195.pdf
LAMBERT, A.M., DUDLEY, T.L. and SALTONSTALL, K., 2010. Ecology and impacts of the large-statured invasive grasses <i>Arundo donax</i> and <i>Phragmites australis</i> in North America. <i>Invasive Plant Science and Management</i> , 3 (4), pp. 489-494.	
LAWSON, D.M., J.A. GIESSOW & J. H. GIESSOW. 2005. The Santa Margarita River <i>Arundo donax</i> Control Project: Development of Methods and Plant Community Response. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-195: 229-244.	
LESCH, J. <i>et al.</i> (2009) <i>The Santa Ana River and Watershed Bibliography</i> . Water Resources Institute, California State University, San Bernardino.	http://www.spatial.redlands.edu/redlandsinstitute/external/SantaAnaRiverWatershedBibliography.pdf
LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J. M. O., LINDVALL, E. & CHRISTOU, M. 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. <i>Biomass and Bioenergy</i> , 25 , 335-361.	
LOW, T., BOOTH, C. & SHEPPARD, A. 2011. Weedy biofuels: what can be done? <i>Current Opinion in Environmental Sustainability</i> , 3 , 55-59.	
LOWE S., BROWNE M., BOUDJELAS S., DE POORTER M. (2000) 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in <i>Aliens</i> 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.	http://www.issg.org/database/species/reference_files/100English.pdf
LOWE, S. <i>et al.</i> (2007). <i>100 Espèces Exotiques Envahissantes parmi les plus néfastes du monde. Une contribution au Programme Mondial sur les Espèces Envahissantes</i> . ISSG-IUCN.	http://www.issg.org/pdf/publications/worst_100/french_100_worst.pdf
MACK, R.N., 2008. Evaluating the credits and debits of a proposed biofuel species: Giant reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Weed Science</i> , 56 (6), pp. 883-888.	
McGAUGH, S., HENDRICKSON, G. BELL, H. CABRAL, K. LYONS, L. McEACHRON & O. MUNOZ J. 2006. Fighting an aggressive wetlands invader: a case study of giant reed (<i>Arundo donax</i>) and its threat to Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. In: M. A. de L. Lozano-Vilano & A. J. Contreras-Balderas (Eds.). <i>Studies of North American Desert Fishes: In Honor of E. P. (Phil) Pister, Conservationist</i> . Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexico. pp 151-161.	http://desertfishes.org/cuatroc/organisms/non-native/arundo/McGaugh_etal_2006_Arundo_en_Cuatrociénegas%28bilingue%29.pdf
MANIOS, T., FOUNTOULAKIS, M.S. and KARATHANASIS, A.D., 2009. Construction simplicity and cost as selection criteria between two types of constructed wetlands treating highway runoff. <i>Environmental management</i> , 43 (5), pp. 908-920.	
MANTINEO, M., D'AGOSTA, G. M., COPANI, V., PATANÉ, C. & COSENTINO, S. L. 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. <i>Field Crops Research</i> , 114 , 204-213.	
MARIANI, C., CABRINI, R., DANIN, A., PIFFANELLI, P., FRICANO, A., GOMARASCA, S., DICANDILO, M., GRASSI, F. & SOAVE, C. 2010. Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (<i>Arundo donax</i> L.): a promising weedy energy crop. <i>Annals</i>	



Título	Web (en su caso)
<i>of Applied Biology</i> , 157, 191-202.	
MARTIN, L. J. & MURRAY, B. R. 2011. A predictive framework and review of the ecological impacts of exotic plant invasions on reptiles and amphibians. <i>Biological Reviews</i> , 86, 407-419.	
MARTINEZ GASOL, C. (2009) Environmental and economic integrated assessment of local energy crops production in southern Europe	http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0615110-100105/
MARTINEZ, M. 2011. Investigación del impacto del carrizo gigante (<i>Arundo donax</i>) en México y evaluación de posibles agentes de control biológico. IMTA-USDA.	http://cenca.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=879:investigacion-del-impacto-del-carrizo-gigante-arundo-donax-en-mexico-y-evaluacion-de-posibles-agentes-de-control-biologico&catid=96:calidad-del-aqua
MASHALY, I.A., EL-HABASHY, I.E., EL-HALAWANY, E.F. and OMAR, G., 2009. Habitat and plant communities in the Nile delta of Egypt II. irrigation and drainage canal bank habitat. <i>Pakistan Journal of Biological Sciences</i> , 12(12), pp. 885-895.	
MEEK, C. S., RICHARDSON, D. M. & MUCINA, L. 2010. A river runs through it: Land-use and the composition of vegetation along a riparian corridor in the Cape Floristic Region, South Africa. <i>Biological Conservation</i> , 143, 156-164.	Melero Caverro, Yolanda (2007) Estudio poblacional del visón americano (Mustela vison) en Cataluña: ecología y control de una especie invasora http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0217109-120618/
MERINO, F. F. & DONAT, P. M. 2011. Invasive Plants in the Coastal Vegetal Communities in Valencia (Spain). <i>Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca</i> , 39, 9-17.	
MILTON, S.J. (2004) Grasses as invasive alien plants in South Africa. <i>South African Journal of Science</i> , 100, 69-75.	
MILTON, S. & DEAN, W. 2010. Plant invasions in arid areas: special problems and solutions: a South African perspective. <i>Biological Invasions</i> , 12, 3935-3948.	
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. 2004. <i>Arundo donax</i> L., en: <i>Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España</i> .	http://www.magrama.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/arundo_donax_tcm7-21507.pdf
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, MEDIO RURAL Y MARINO. 2011. Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras. <i>BOE</i> , 298, 12 de diciembre de 2011: 132711-132735.	http://www.boe.es/boe/dias/2011/12/12/pdfs/BOE-A-2011-19398.pdf
MIRZA, N., MAHMOOD, Q., PERVEZ, A., AHMAD, R., FAROOQ, R., SHAH, M. M. & AZIM, M. R. 2010. Phytoremediation potential of <i>Arundo donax</i> in arsenic-contaminated synthetic wastewater. <i>Bioresource Technology</i> , 101, 5815-5819.	
MISSOURI BOTANICAL GARDEN (2010) <i>Arundo donax</i>	http://www.mobot.org/gardeninghelp/planetfinder/Plant.asp?code=C256
MOILANEN, U., KELLOCK, M., GALKIN, S. and VIIKARI, L., 2011. The laccase-catalyzed modification of lignin for enzymatic hydrolysis. <i>Enzyme and microbial technology</i> , 49(6-7), pp. 492-498.	
MOLINA, J. A., PERTIÑEZ, C., DIEZ, A. & CASERMEIRO, M. A. 2004. Vegetation composition and zonation of a Mediterranean braided river floodplain. <i>Belgian Journal of Botany</i> , 137, 140-154.	
MOLINE, A. B. & POFF, N. L. 2008. Growth of an invertebrate shredder on native (<i>Populus</i>) and non-native (<i>Tamarix</i> , <i>Elaeagnus</i>) leaf litter. <i>Freshwater Biology</i> , 53, 1012-1020.	
MONTI, A. and ZATTA, A., 2009. Root distribution and soil moisture retrieval in perennial and annual energy crops in Northern Italy. <i>Agriculture, Ecosystems and Environment</i> , 132(3-4), pp. 252-259.	
MOORE, G.W. (2010). Ecohydrology: Vegetation Management and Water Resources. Texas Department of Agriculture Project Database.	http://www.texasagresearch.com/articledetails.aspx?ID=2663
MOORE, G.W., WATTS, D.A. and GOOLSBY, J.A., 2010. Ecophysiological responses of giant reed (<i>Arundo donax</i>) to Herbivory. <i>Invasive Plant Science and Management</i> , 3(4), pp. 521-529.	
Moragues Botey, Eva (2006) Flora alóctona de les Illes Balears. Ecología de dos especies invasoras: <i>Carpobrotus edulis</i> y <i>Carpobrotus aff. acinaciformis</i>	http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0919106-115259/
MORAN, P.J. and GOOLSBY, J.A., 2009. Biology of the galling wasp <i>Tetramesa romana</i> , a biological control agent of giant reed. <i>Biological Control</i> , 49(2), pp. 169-179.	



Título	Web (en su caso)
MORAN, P.J. and GOOLSBY, J.A., 2010. Biology of the armored scale <i>Rhizaspidotus donacis</i> (Hemiptera: Diaspididae), a candidate agent for biological control of giant reed. <i>Annals of the Entomological Society of America</i> , 103 (2), pp. 252-263.	
NASSI O DI NASSO, N., ANGELINI, L. G. & BONARI, E. 2010. Influence of fertilisation and harvest time on fuel quality of giant reed (<i>Arundo donax</i> L.) in central Italy. <i>European Journal of Agronomy</i> , 32 , 219-227.	
NATALI, J. MATT KONDOLF, CLARA LANDEIRO, JULIET CHRISTIAN-SMITH & TED GRANTHAM. (2010) A living Mediterranean river. <i>Restoration and management of the Rio Real in Portugal to achieve good ecological status</i> . Institute of Urban and Regional Development Working Paper WP-2009-01, University of California Water Resources Center Contribution Number 209 - Institute of European Studies Working Paper.	http://iurd.berkeley.edu/publications/wp/2009-01.pdf
NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON INVASIVE SPECIES (2010). <i>National strategy on invasive species in Mexico, prevention, control and eradication..</i> Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.	http://www.conabio.gob.mx/invasoras/images/e/e4/Invasive_species_Mexico_dec2010.pdf
NILSSON, C., BROWN, R. L., JANSSON, R. & MERRITT, D. M. 2010. The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. <i>Biological Reviews</i> , 85 , 837-858.	
NOAA (2008). <i>Alien Invasion</i> . Coastal ecosystem science lesson plan.	http://oceanservice.noaa.gov/education/classroom/lessons/06_coastal_alien.pdf
OAKINS, A.J. 2001. An Assessment and Management Protocol for <i>Arundo donax</i> in the Salinas Valley Watershed. BSc Thesis, California State University, Monterey Bay.	http://ccows.csUMB.edu/pubs/capstones/AOakins_FinalThesis.pdf
OBATAYA, E., GRIL, J. & THIBAUT, B. 2004. Shrinkage of cane (<i>Arundo donax</i>) I. Irregular shrinkage of green cane due to the collapse of parenchyma cells. <i>Journal of Wood Science</i> , 50 , 295-300.	
ODERO, D.C., K. VOLLMER, C. RAINBOLT & J. FERRELL (2008) <i>Giant Reed (Arundo donax): Biology, Identification, and Management</i> . SS AGR 301, University of Florida	http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AG/AG30700.pdf
OHIO SEA GRANT (2000). Aquatic Nuisance Species Report. An Update on Sea Grant Research and Outreach Projects 2000.	http://ohioseagrant.osu.edu/documents/publications/TB/TB-046%20Aquatic%20Nuisance%20Species%20Report.pdf
OLLENDORF, A.L., MULHOLLAND, S.C. and RAPP, G., 1988. Phytolith analysis as a means of plant identification: <i>Arundo donax</i> and <i>Phragmites communis</i> . <i>Annals of Botany</i> , 61 (2), pp. 209-214.	
PAPAZOGLU, E. G., KARANTOUNIAS, G. A., VEMMOS, S. N. & BOURANIS, D. L. 2005. Photosynthesis and growth responses of giant reed (<i>Arundo donax</i> L.) to the heavy metals Cd and Ni. <i>Environment International</i> , 31 , 243-249.	
PAPAZOGLU, E.G., 2009. Heavy metal allocation in giant reed plants irrigated with metalliferous water. <i>Fresenius Environmental Bulletin</i> , 18 (2), pp. 166-174.	
PARACUELLOS, M. 1997. Análisis comparativo entre las comunidades de Passeriformes de cañaverales y carrizales en el sureste ibérico. <i>Ardeola</i> , 44 : 105-108.	
PARACUELLOS, M. 2001. Estructura y conservación de las comunidades de aves en humedales del sudeste ibérico (Almería, España). Tesis Doctoral, Universidad de Almería.	
PARADA SOLER, M. (2008) Estudi etnobotànic de la comarca de l'Alt Empordà. Tesis Doctoral.	http://www.tesisexarxa.net/TDX-0319109-085940/
PARDO-DE-SANTAYANA, M., TARDIO, J., HEINRICH, M., TOUWAIDE, A. & MORALES, R. 2006. Plants in the Works of Cervantes. <i>Economic Botany</i> , 60 , 159-181.	
PELAEZ, F., COLLADO, J., ARENAL, F., BASILIO, A., CABELLO, A., DIEZ MATAS, M.T., GARCIA, J.B., GONZALEZ DEL VAL, A., GONZALEZ, V., GORROCHATEGUI, J., HERNÁNDEZ, P., MARTIN, I., PLATAS, G. and VICENTE, F., 1998. Endophytic fungi from plants living on gypsum soils as a source of secondary metabolites with antimicrobial activity. <i>Mycological Research</i> , 102 (6), pp. 755-761.	



Título	Web (en su caso)
PERDUE, R. E., JR. 1958. Arundo donax: Source of Musical Reeds and Industrial Cellulose. <i>Economic Botany</i> , 12, 368-404.	
PÉREZ ABALOS, C. Plantas alóctonas perennes en la parte continental del LIC ES6200006 (Región de Murcia). <i>CONAMA 10</i> , Madrid.	http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/Paneles/1000000203_panel.pdf
PÉREZ MORALES, A. (2008) Riesgo de inundación y políticas sobre el territorio en el Sur de la Región de Murcia. Tesis Doctoral, Unviuersidad de Murcia.	http://www.tesisenred.net/TDR-0309109-124234/index_cs.html
PERNI, A., MARTÍNEZ-PAZ, J. & MARTÍNEZ-CARRASCO, F. 2011. Social preferences and economic valuation for water quality and river restoration: the Segura River, Spain. <i>Water and Environment Journal</i> , n/a-n/a.	
PIERONI, A., QUAVE, C.L. and SANTORO, R.F., 2004. Folk pharmaceutical knowledge in the territory of the Dolomiti Lucane, inland southern Italy. <i>Journal of ethnopharmacology</i> , 95(2-3), pp. 373-384.	
PINO, J., SEGUÍ, J. & ALVAREZ, N. 2006. Invasibility of four plant communities in the Llobregat delta (Catalonia, NE of Spain) in relation to their historical stability. <i>Hydrobiologia</i> , 570, 257-263.	
PIRES, D. F., PIRES, A. M., COLLARES-PEREIRA, M. J. & MAGALHÃES, M. F. 2010. Variation in fish assemblages across dry-season pools in a Mediterranean stream: effects of pool morphology, physicochemical factors and spatial context. <i>Ecology of Freshwater Fish</i> , 19, 74-86.	
PLANT SCIENCE BULLETIN (2003) Palms Won't Grow Here and Other Myths. (Book Review)	http://www.botany.org/bsa/psb/2003/psb49-3.html
POSSELL, M., HEWITT, C.N. and BEERLING, D.J., 2005. The effects of glacial atmospheric CO2 concentrations and climate on isoprene emissions by vascular plants. <i>Global Change Biology</i> , 11(1), pp. 60-69.	
PRENDA, J. & GRANADO-LORENCIO, C. 1996. The relative influence of riparian habitat structure and fish availability on otter Lutra lutra L. sprainting activity in a small Mediterranean catchment. <i>Biological Conservation</i> , 76, 9-15.	
PUÉRTOLAS, L., DAMÁSIO, J., BARATA, C., SOARES, A. M. V. M. & PRAT, N. 2010. Evaluation of side-effects of glyphosate mediated control of giant reed (<i>Arundo donax</i>) on the structure and function of a nearby Mediterranean river ecosystem. <i>Environmental Research</i> , 110, 556-564.	
QUINN, L. & HOLT, J. 2008. Ecological correlates of invasion by <i>Arundo donax</i> in three southern California riparian habitats. <i>Biological Invasions</i> , 10, 591-601.	
QUINN, L. D. & HOLT, J. S. 2009. Restoration for Resistance to Invasion by Giant Reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Invasive Plant Science and Management</i> , 0000.	
QUINN, L. D., RAUTERKUS, M. A. & HOLT, J. S. 2007. Effects of Nitrogen Enrichment and Competition on Growth and Spread of Giant Reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Weed Science</i> , 55, 319-326.	
QUINN, L.D. and HOLT, J.S., 2008. Ecological correlates of invasion by <i>Arundo donax</i> in three southern California riparian habitats. <i>Biological Invasions</i> , 10(5), pp. 591-601.	
QUINN, L.D. and HOLT, J.S., 2009. Restoration for resistance to invasion by giant reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Invasive Plant Science and Management</i> , 2(4), pp. 279-291.	
RACELIS, A.E., GOOLSBY, J.A. and MORAN, P., 2009. Seasonality and movement of adventive populations of the arundo wasp (Hymenoptera: Eurytomidae), a biological control agent of giant reed in the lower Rio Grande basin in South Texas. <i>Southwestern Entomologist</i> , 34(4), pp. 347-357.	
RACELIS, A.E., GOOLSBY, J.A., PENK, R., JONES, W.K. and ROLAND, T.J., 2010. Development of an inundative, aerial release technique for the arundo wasp1 , biological control agent of the invasive <i>Arundo donax</i> L. <i>Southwestern Entomologist</i> , 35(4), pp. 495-501.	
RECON (2010). Draft Vegetation Management Plan Navy Medical Center San Diego, California.	http://www.med.navy.mil/sites/nmcscd/CommandInfo/Documents1/NMCS_D_INRMP_rpt_Optimized.pdf
RICHARDSON, D. M. & BLANCHARD, R. 2011. Learning from our mistakes: minimizing problems with invasive biofuel plants.	



Título	Web (en su caso)
<i>Current Opinion in Environmental Sustainability</i> , 3, 36-42.	
RICHARDSON, D. M., HOLMES, P. M., ESLER, K. J., GALATOWITSCH, S. M., STROMBERG, J. C., KIRKMAN, S. P., PYSEK, P. & HOBBS, R. J. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. <i>Diversity and Distributions</i> , 13, 126-139.	
RIEDLINGER, TORSTEN. (2006) Charakterisierung und Modellierung der interferierenden klimatischen, orographischen und anthropogenen Einflüsse auf die Landschaftsentwicklung des oberen Rio Guadalentín (Spanien). Universit. Diss., Würzburg.	http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2006/2063/pdf/Uni-Wuerzburg_Dissertation_Torsten-Riedlinger_2006-04-25.pdf
RIEGER, J. P. & KREAGER, D. A. 1989. Giant reed (<i>Arundo donax</i>): a climax community of the riparian zone. En: Protection, management, and restoration for the 1990's: Proceedings of the California Riparian Systems conference. Gen. Tech. Rep. PSW-110. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Davis, CA.: 222-225.	
RIFFALDI, R., CARDELLI, R. and SAVIOZZI, A., 2011. Soil quality under the giant reed (<i>arundo donax</i> .) crop compared with a cropping sequence and a natural grassland. <i>Fresenius Environmental Bulletin</i> , 20(6 A), pp. 1535-1540.	
RIFFALDI, R., SAVIOZZI, A., CARDELLI, R., BULLERI, F. and ANGELINI, L., 2010. Comparison of soil organic-matter characteristics under the energy crop giant reed, cropping sequence and natural grass. <i>Communications in Soil Science and Plant Analysis</i> , 41(2), pp. 173-180.	
RÍOS, S. & ALCARAZ, F. 1995. Análisis de la flora hidrófila de la Cuenca del Segura (Sudeste de España). <i>Anales Jardín Bot. Madrid</i> , 53(2): 219-231.	
RIPARIAN INVASIONS RESEARCH LABORATORY (2010). <i>Arundo</i> . University of California, Santa Bárbara.	http://rivrlab.msi.ucsb.edu/arundo.php
RISTER, M.E. (2011). Economic Evaluation of Water Conservation and Alternative Water Sources. Texas Department of Agriculture Project Database.	http://www.texasagresearch.com/article/details.aspx?ID=2674
ROLDÁN, A., DESCALS, E. & HONRUBIA, M. 1987. Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas de los ríos Segura y Guadalquivir. <i>Anales de Biología</i> , 13 (Biología Vegetal, 3): 3-13.	
ROMERO MARTINS, C. (2006) Caracterização e manejo da gramínea <i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv. (<i>capim-gordura</i>) : uma espécie invasora do cerrado. Electronic Thesis or Dissertation. PDF format.	http://bdtd.bce.unb.br/tesedsimplicado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=272
ROUSSEAU, D. (2005) Performance of constructed treatment wetlands: model-based evaluation and impact of operation and maintenance.	http://hdl.handle.net/1854/5611
SAAVEDRA BENDITO, D. (2003) <i>Reintroduction of the Eurasian otter (Lutra lutra) in Muga and Fluvià basins (north-eastern Spain): viability, development, monitoring and trends of the new populations</i> . PhD Thesis, University of Girona.	http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0319104-124146/
SABATER, S., FEIO, M.J., GRAÇA, M.A.S, MUÑOZ, I. & A.M. ROMANÍ. 2009. The Iberian Rivers. En: <i>Rivers of Europe</i> . Academic Press: 113-149.	
SALINAS, M. J. & CUETO, M. 2009. 92D0 Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (Nerio-Tamaricetea y Fluegeion tintoriae). En: VV.AA. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid: 86 p.	
SALTONSTALL, K., LAMBERT, A. and MEYERSON, L.A., 2010. Genetics and reproduction of common (<i>Phragmites australis</i>) and giant reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Invasive Plant Science and Management</i> , 3(4), pp. 495-505.	
SANTOS, M. 2010. Encroachment of upland Mediterranean plant species in riparian ecosystems of southern Portugal. <i>Biodiversity and Conservation</i> , 19, 2667-2684.	
SANZ ELORZA, M., DAMA SÁNCHEZ, E. D. & SOBRINO VESPERINAS, E. 2004. Atlas de las plantas aloctonas invasoras en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 378 pp.	



Título	Web (en su caso)
SCHNITZLER, A., HALE, B. W. & ALSUM, E. M. 2007. Examining native and exotic species diversity in European riparian forests. <i>Biological Conservation</i> , 138, 146-156.	
SEAWRIGHT <i>et al.</i> (2009) Economic Implications of Biological Control of <i>Arundo donax</i> in the Texas Rio Grande Basin. Texas A & M University.	http://hdl.handle.net/1969.1/90521
SEAWRIGHT, E. K., RISTER, M. E., LACEWELL, R. D., MCCORKLE, D. A., STURDIVANT, A. W., YANG, C. H. & GOOLSBY, J. A. 2009. Economic Implications for the Biological Control of <i>Arundo donax</i> : Rio Grande Basin. <i>Southwestern Entomologist</i> , 34, 377-394.	
SEAWRIGHT, E.K. (2009). Economic Impacts of Biological Control of <i>Arundo donax</i> in the Rio Grande Basin.	http://twri.tamu.edu/docs/funding/usgs/2008-09/seawright-report.pdf
SEAWRIGHT, E.K. (2009). Economic Implications of Biological Control of <i>Arundo donax</i> in the Texas Rio Grande Basin. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 358	http://twri.tamu.edu/reports/2009/tr358.pdf
SEAWRIGHT, E.K. (2010). <i>Select Economic Implications for the Biological Control of Arundo donax along the Rio Grande</i> . Master's thesis, Texas A&M University.	http://hdl.handle.net/1969.1/ETD-TAMU-2009-08-7098
SEAWRIGHT, E.K. 2009. <i>Select economic implications for the biological control of Arundo donax along the Rio Grande</i> . MSc Thesis. Texas A&M University.	http://agecon.tamu.edu/pdf_files/graduate/Seawright.09B.pdf
SEAWRIGHT, E.K. <i>et al.</i> (2009) Report as of FY2008 for 2008TX303B: " <i>Economic Impacts of Biological Control of Arundo donax in the Rio Grande Basin</i> "	http://water.usgs.gov/wrri/08grants/progress/2008TX303B.pdf
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (2010) Especies invasoras en México: Prevención, control y erradicación. Material adicional preparado por el Comité Asesor de la Estrategia nacional sobre especies invasoras de México.	http://www.conabio.gob.mx/institucion/consulta/Material_apoyo_200110.pdf
SHEPPARD, A. (2010). Biosecurity in the New Bioeconomy: Threats and Opportunities. <i>Aliens: The Invasive Species Bulletin (Newsletter of the IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group)</i> , Issue Nº 29: 29-33.	http://www.issg.org/pdf/aliens_newsletters/A29.pdf
SIMBERLOFF, D. 2010. Invasive species. In: <i>Conservation Biology for All</i> . Oxford University Press.	http://www.conbio.org/publications/consbioforall/Chapter%207.pdf
SPECK, O. & SPATZ, H. C. 2003. Mechanical Properties of the Rhizome of <i>Arundo donax</i> L. <i>Plant Biology</i> , 5, 661-669.	
SPENCER, D. F. & KSANDER, G. G. 2006. Estimating <i>Arundo donax</i> ramet recruitment using degree-day based equations. <i>Aquatic Botany</i> , 85, 282-288.	
SPENCER, D. F., KSANDER, G. G. & WHITEHAND, L. C. 2005. Spatial and temporal variation in RGR and leaf quality of a clonal riparian plant: <i>Arundo donax</i> . <i>Aquatic Botany</i> , 81, 27-36.	
SPENCER, D. F., LIOW, P.-S., CHAN, W. K., KSANDER, G. G. & GETSINGER, K. D. 2006. Estimating <i>Arundo donax</i> shoot biomass. <i>Aquatic Botany</i> , 84, 272-276.	
SPENCER, D. F., TAN, W. & WHITEHAND, L. C. 2010. Variation in <i>Arundo donax</i> stem and leaf strength: Implications for herbivory. <i>Aquatic Botany</i> , 93, 75-82.	
SPENCER, D., SHER, A., THORNBY, D., LIOW, P.S., KSANDER, G. & TAN, W. (2007) Non-destructive assessment of <i>Arundo donax</i> (Poaceae) leaf quality. <i>Journal of Freshwater Ecology</i> , 22 (2). pp. 277-285.	http://era.deedi.qld.gov.au/999/
SPENCER, D., SHER, A., THORNBY, D., LIOW, P.-S., KSANDER, G. & TAN, W. 2007. Non-Destructive Assessment of <i>Arundo donax</i> (Poaceae) Leaf Quality. <i>Journal of Freshwater Ecology</i> , 22, 277 - 285.	
SPENCER, D.F. 2012. Response of <i>Arundo Donax</i> L. (Giant Reed) To Leaf Damage and Partial Defoliation. <i>Journal of Freshwater Ecology</i> , 27:77-87.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=266116
SPENCER, D.F., KSANDER, G.G., TAN, W., LIOW, P., WHITEHAND, L.C. 2012. Influence of application timing on the impact of glyphosate on giant reed (<i>Arundo donax</i> L.). <i>Journal of Aquatic Plant Management</i> , 49:106-110.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=251500
SPENCER, D.F., TAN, W., LIOW, P., KSANDER, G.G., WHITEHAND, L.C. 2009. Evaluation of Late Summer Imazapyr Treatment for Managing Giant Reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Journal of</i>	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=227965



Título	Web (en su caso)
<i>Aquatic Plant Management</i> , 47:40-43	
SPENCER, D.F., TAN, W., LIOW, P., KSANDER, G.G., WHITEHAND, L.C., WEAVER, S., OLSON, J., NEWHOUSER, M. 2008 Evaluation of Glyphosate for Managing Giant Reed (<i>Arundo donax</i>). <i>Journal of Invasive Plant Science and Management</i> , 1:248-25.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=216323
SPENCER, D.F., TAN, W., WHITEHAND, L.C. 2010. Variation in <i>Arundo donax</i> Stem and Leaf Strength: Implications for Herbivory. <i>Aquatic Botany</i> , 93(2):75-82.	http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?seq_no_115=243990
SRIHARAN, S., EVERITT, J.H., YANG, C. and FLETCHER, R.S., 2008. Mapping riparian and wetland weeds with high resolution satellite imagery, <i>International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)</i> 2008, pp. 1476-1479.	
STAMATI, F. E., CHALKIAS, N., MORAETIS, D. & NIKOLAIDIS, N. P. 2010. Natural attenuation of nutrients in a mediterranean drainage canal. <i>Journal of Environmental Monitoring</i> , 12, 164-171.	
SUÁREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M.R. 1983. La calidad de las aguas del canal de desagüe de «El Reguerón» (Río Guadalentín: Cuenca del Segura). <i>Anales de la Universidad de Murcia. Ciencias - Vol. 42, Nº 1-4</i> .	
SUÁREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M. R. 2000. Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR (Munné et al., 1998) a los cauces fluviales de la Cuenca del Río Segura. <i>Tecnología del agua</i> , 201: 33-45.	
TAKAHASHI, W., TAKAMIZO, T., KOBAYASHI, M. & EBINA, M. 2010. Plant regeneration from calli in giant reed (<i>Arundo donax</i> L.). <i>Grassland Science</i> , 56, 224-229.	
TARDIO, J., PARDO-DE-SANTAYANA, M. & MORALES, R. 2006. Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. <i>Botanical Journal of the Linnean Society</i> , 152, 27-71.	
TEXAS WATER RESOURCES INSTITUTE (2009) Annual Technical Report FY 2008.	http://water.usgs.gov/wrri/AnnualReports/2008/FY2008_TX_Annual_Report.pdf
THOMSON, L. J. & HOFFMANN, A. A. 2011. Pest management challenges for biofuel crop production. <i>Current Opinion in Environmental Sustainability</i> , 3, 95-99.	
THORNBY, D., SPENCER, D., HANAN, J. & SHER, A. 2007. L-DONAX, a growth model of the invasive weed species, <i>Arundo donax</i> L. <i>Aquatic Botany</i> , 87, 275-284.	
TYLIANAKIS, JASON. (2006) Spatiotemporally-mediated effects of land use on the biodiversity of cavity-nesting Hymenoptera in coastal Ecuador: "We placed a trap nest (<i>Tscharntke et al. 1998</i>), consisting of a PVC tube filled with reed (<i>Arundo donax</i> L., <i>Poaceae</i>) internodes of varying diameter, at each sampling point to provide nesting sites for aboveground cavity-nesting bees and wasps (<i>Hymenoptera: Aculeata</i>) and their natural enemies."	http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2006/tylianakis/tylianakis_s.pdf
TZANAKAKIS, V.A. and ANGELAKIS, A.N., 2011. Chemical exergy as a unified and objective indicator in the assessment and optimization of land treatment systems. <i>Ecological Modelling</i> , 222(17), pp. 3082-3091.	
UC IPM (2011) Exotic/Invasive Pests and Diseases Research Program Workshop, October 12, 2005 at UC Davis.	http://ipm.ucdavis.edu/EXOTIC/epdprereg.html
UC IPM (2011) In the News--Researchers find wasp can strike down giant reed.	http://ipm.ucdavis.edu/NEWS/giantreed-news.html
UCA-AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES (2008) 2007 California Report - Exotic Invasive Pests and Diseases program.	http://ipm.ucdavis.edu/EXOTIC/2007_epdpr_annual_report.pdf
UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (2011). Safeguarding through Science. Animal and Plant Health Inspection Service.	http://www.aphis.usda.gov/publications/plant_health/content/printable_version/CPHST_annual_report_2009.pdf
UNIVERSITY OF CALIFORNIA (2006). Exotic/invasive pests and diseases Research Program.	http://ipm.ucdavis.edu/EXOTIC/2006_epdpr_annual_report.pdf
USDA (2009). Field Release of the Arundo Wasp, <i>Tetramesa romana</i> (Hymenoptera: Eurytomidae), an Insect for Biological Control of <i>Arundo donax</i> (Poaceae), in the Continental United States. Environmental assessment, April 2009.	http://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/Tetramesa-romana-ea.pdf
USDA (2011) European Biological Control Laboratory Products and Services.	http://www.ars.usda.gov/services/services.htm?modecode=02-12-00-00&locpubs=yes&filterYear=2003
USGS (2010). Economic Impacts of Biological Control of <i>Arundo</i>	http://water.usgs.gov/wrri/08grants/2008TX303B.html

Título	Web (en su caso)
donax in the Rio Grande Basin.	
VAMVUKA, D. and SFAKIOTAKIS, S., 2011. Effects of heating rate and water leaching of perennial energy crops on pyrolysis characteristics and kinetics. <i>Renewable Energy</i> , 36 (9), pp. 2433-2439.	
VAN DRIESCHE, R. G., CARRUTHERS, R. I., CENTER, T., HODDLE, M. S., HOUGH-GOLDSTEIN, J., MORIN, L., SMITH, L., WAGNER, D. L., BLOSSEY, B., BRANCATINI, V., CASAGRANDE, R., CAUSTON, C. E., COETZEE, J. A., CUDA, J., DING, J., FOWLER, S. V., FRANK, J. H., FUESTER, R., GOOLSBY, J., GRODOWITZ, M., HEARD, T. A., HILL, M. P., HOFFMANN, J. H., HUBER, J., JULIEN, M., KAIRO, M. T. K., KENIS, M., MASON, P., MEDAL, J., MESSING, R., MILLER, R., MOORE, A., NEUENSCHWANDER, P., NEWMAN, R., NORAMBUENA, H., PALMER, W. A., PEMBERTON, R., PEREZ PANDURO, A., PRATT, P. D., RAYAMAJHI, M., SALOM, S., SANDS, D., SCHOOLER, S., SCHWARZLÄNDER, M., SHEPPARD, A., SHAW, R., TIPPING, P. W. & VAN KLINKEN, R. D. 2010. Classical biological control for the protection of natural ecosystems. <i>Biological Control</i> , 54 , Supplement 1, S2-S33.	
VAN WILGEN, B. W., NEL, J. L. & ROUGET, M. 2007. Invasive alien plants and South African rivers: a proposed approach to the prioritization of control operations. <i>Freshwater Biology</i> , 52 , 711-723.	
VELASCO, J. (Dir.). 2008. Manual para la restauración de riberas en la Cuenca del Río Segura. Confederación Hidrográfica del Segura.	
VIDAL-ABARCA, M.R. & SUÁREZ, M.L. 2007. Un modelo conceptual sobre el funcionamiento de los ríos mediterráneos sometidos a perturbaciones naturales (riadas y sequías) <i>Limnetica</i> , 26 (2): 277-292.	http://www.limnetica.com/Limnetica/limne26b/L26b277_Modelo_funcional_rios_mediterraneos.pdf
VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION (2009) <i>Powell River Project</i> . Virginia Tech.	http://www.cses.vt.edu/PRP/Proposals-09/Fike-Bioenergy.pdf
WAAESD (2011) <i>W2185: Biological Control in Pest Management Systems of Plants</i> . Annual/Termination Reports (SAES-422).	http://nimss.umd.edu/homepages/saes.cfm?trackID=9596
WATTS, D. & MOORE, G. 2011. Water-Use Dynamics of an Invasive Reed, <i>Arundo donax</i> , from Leaf to Stand. <i>Wetlands</i> , 31 , 725-734.	
WIDMER, T., A. KIRK, G. KIRK & F. GUERMACHE (2011) Foliar and Cane Rot of <i>Arundo donax</i> Caused by <i>Nigrospora oryzae</i> in Europe. <i>Plant Disease</i> , August 2006, Volume 90, Number 8, pp. 1,107.1 - 1,107.1	http://www.apsnet.org/publications/plantdisease/2006/August/Pages/90_8_1107.1.aspx
WILLIAMS, C.M.J., BISWAS, T.K., HEADING, S. and HARRIS, P.L., 2008. Use of giant reed to treat wastewater for resource recycling in South Australia. <i>Acta Hort. (ISHS)</i> , 792 :701-707.	http://www.actahort.org/books/792/792_84.htm
WILLIAMS, C.M.J., T.K. BISWAS, I.D. BLACK, L. MARTON, M. CZAKO, P.L. HARRIS, R. POLLOCK, S. HEADING & J.G. VIRTUE. 2009. Use of poor quality water to produce high biomass yields of giant reed (<i>Arundo donax</i> L.) on marginal lands for biofuel or pulp/paper. <i>Acta Hort. (ISHS)</i> , 806 :595-602.	http://www.actahort.org/books/806/806_74.htm
WITJE, A.H.B.M., MIZUTANI, T., MOTAMED, E.R., MERRYFIELD, M.L., MILLER, D.E. and ALEXANDER, D.E., 2005. Temperature and endogenous factors cause seasonal patterns in rooting by stem fragments of the invasive giant reed, <i>Arundo donax</i> (Poaceae). <i>International journal of plant sciences</i> , 166 (3), pp. 507-517.	
YANG, C., GOOLSBY, J.A. and EVERITT, J.H., 2009. Mapping giant reed with QuickBird imagery in the Mexican portion of the Rio Grande Basin. <i>Journal of Applied Remote Sensing</i> , 3 (1),	
ZENETOS, A. et al. 2009. Aquatic alien species in Greece (2009): tracking sources, patterns and effects on the ecosystem. <i>Journal of Biological Research-Thessaloniki</i> , 12 : 135 – 172.	http://www.jbr.gr/papers20092/03-Zenetos%20et%20al.pdf



10. AGRADECIMIENTOS

El equipo investigador quiere agradecer a todo el personal de los diversos departamentos y delegaciones de TRAGSA implicados en el contrato, en especial a José Manuel García-Guijas, Jesus Jiménez, Alfonso Saiz de la Hoya, Olga M^a Pavesio, Jesús Garzón, Jesús Jiménez, Francisco López y María Isabel Beloqui.

Igualmente, agradecemos al equipo directivo y técnico de la Comisaría de Aguas de la Cuenca del Segura, en especial a D. Manuel Aldeguer y a los técnicos Ana Agustí, Eduardo Lafuente y Juan Gerónimo Fenoll, las facilidades para la obtención de documentación y otras tareas de apoyo a la realización del seguimiento.

Asunción Romero Díaz y Francisco Belmonte (Depto. Geografía), Juan Albaladejo (CEBAS-CSIC) y Delia Bautista (SUIC), proporcionaron asesoramiento y todo tipo de facilidades para la realización e interpretación de los análisis de suelos.

Estamos también en deuda con los miembros del laboratorio ECOMED por su colaboración en los trabajos de campo de muestreo de vegetación y aves, en especial a M^a. Francisca Carreño, Carmen Perona Guillamón, Antonio Javier Soto Molina, Maria Victoria Jimenez Franco, Francisco Alberto García Castellanos, Vicente Martínez López, Ester Alcazar Patiño, Mario León Ortega y Marina Zapata Hernández.