



## INFORME FINAL

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

**FIN/2011**



**INF-FIN/2011**  
Diciembre 2011



## **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**



## Indice

0.	RESUMEN EJECUTIVO .....	4
1.	INTRODUCCIÓN .....	11
2.	CONTENIDO DEL INFORME .....	13
3.	METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TRABAJO .....	14
3.1	Definiciones .....	14
3.2	Recopilación y análisis de antecedentes .....	16
3.3	Descripción general de las actuaciones de control .....	18
3.3.1	Propuestas iniciales.....	18
3.3.2	Tratamientos seleccionados.....	20
3.4	Cronograma de ejecución de los tratamientos.....	29
3.5	Metodología de seguimiento .....	30
3.5.1	Localización espacial y topografía. Distribución de las unidades de muestreo .....	30
3.5.2	Diseño de las fichas para la toma de datos .....	31
3.5.3	Descripción de la ficha general de caracterización .....	32
3.5.4	Características de la ficha de muestreo .....	34
3.5.5	Muestreo de vegetación .....	37
3.5.6	Muestreo y registro de datos ambientales .....	37
3.5.7	Análisis de laboratorio .....	38
3.5.8	Registro de otras incidencias .....	40
3.6	Calendario de seguimiento.....	41
3.7	Tratamiento y análisis estadístico de los datos.....	44
4.	RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES .....	47
4.1	El carrizo como especie problema: marco europeo y global .....	47
4.2	Bibliografía y documentación científico-técnica específica referida a la ecología, problemática y control del carrizo .....	48
4.3	Datos de tratamientos previos de control de carrizo o caña común en la conservación y mantenimiento de cauces de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) .....	52
4.3.1	Limpieza del canal de drenaje de las salinas de San Pedro.....	53
4.3.2	Limpieza de la Rambla del Albuñón .....	53
4.3.3	Actuación en la Rambla de Miranda .....	53
4.4	Datos referidos a otras cuencas hidrográficas del Estado o de otras áreas geográficas en los que la especie es objeto de control y/o seguimiento .....	54
4.5	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 .....	57
4.5.1	Conocimiento de la vegetación .....	57
4.5.2	Caracterización edáfica .....	58
5.	RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE CAMPO .....	59
5.1	Estado final de los tratamientos .....	59
5.1.1	Estado final de los tratamientos efectuados en cada una de las parcelas de estudio .....	59
5.2	Resultados del muestreo de vegetación .....	61
5.2.1	Respuesta general de la densidad de <i>Phragmites australis</i> a los tratamientos aplicados .....	61
5.2.2	Variación espacial y temporal de la respuesta de <i>Phragmites australis</i> .....	68
5.2.3	Variación de la cobertura de herbáceas acompañantes.....	81
5.3	Resultados relativos a variables ambientales y otras a registrar .....	88
5.3.1	Insolación .....	88
5.3.2	Temperatura del aire .....	89
5.3.3	Humedad atmosférica .....	89
5.4	Variables de caracterización edáfica.....	90



5.4.1	Caracterización inicial.....	90
5.4.2	Caracterización final.....	92
5.4.3	Variación espacial.....	94
5.4.4	Variación temporal.....	94
5.4.5	Comparación con otros estudios de referencia.....	97
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO.....	102
6.1	Análisis jerarquizado de la eficacia de los tratamientos.....	102
6.2	Modelos de regresión múltiple.....	103
6.2.1	Modelos iniciales con tiempo (“mes”) e interacción entre “trat” (tratamiento) y “cubr” (recubrimiento).....	103
6.2.2	Modelos sin considerar el tiempo (“mes”) y controlando la variabilidad intrínseca al sitio no registrada (“parcela”).....	104
6.3	Discusión general.....	105
6.4	Influencia de las variables ambientales registradas.....	107
6.4.1	Insolación.....	107
6.4.2	Temperatura del aire.....	108
6.4.3	Humedad atmosférica.....	109
6.4.4	Influencia de las variables de caracterización edáfica.....	109
6.5	Análisis comparativo de costes y eficacia.....	112
6.5.1	Comparación frente a tratamientos similares en localidades afines.....	114
6.5.2	Comparación con otras localidades y sistemas de tratamiento.....	115
7.	OTROS TRABAJOS REALIZADOS.....	118
7.1	Visitas y reuniones de trabajo.....	118
7.1.1	Visita al área de trabajo (Abril 2011).....	118
7.1.2	Visita al proyecto paralelo desarrollado por la Universidad de Alicante (Junio 2011)....	118
7.1.3	Jornada de presentación de resultados (Octubre 2011).....	119
7.2	Propuestas adicionales.....	120
8.	SÍNTESIS FINAL. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	121
9.	REFERENCIAS.....	128
9.1	Bibliografía citada en el informe.....	128
9.2	Resultados de búsquedas.....	133
9.2.1	Base de datos ICYT.....	133
9.2.2	Bibliografía recopilada (Web of Knowledge+Google Scholar).....	137
9.2.3	Web-referencias (Etiqueta: <i>Phragmites</i> ).....	149
10.	AGRADECIMIENTOS.....	152



## 0. RESUMEN EJECUTIVO

Se presentan los resultados del seguimiento de las actuaciones de control de *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steu. (Carrizo común) que integran el “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. ACTUACIÓN EN EL RÍO GUADALENTÍN, T.M. MURCIA, (MURCIA)”. Dicho proyecto se ha planteado como un diseño experimental encaminado a disponer de un número suficiente de réplicas de distintas combinaciones de tratamientos de control (mecánicos, físicos y químicos), de manera que puedan las diferencias de eficacia, permitiendo la selección de la combinación óptima en términos de efectividad frente al coste de aplicación.

Se establecieron un total de 45 parcelas de 25 y 100 metros en tres tramos del cauce (en una sola margen del mismo), en la mayoría de las cuales se llevó a cabo la eliminación manual o mecánica del carrizo como paso previo a la aplicación de medidas de control propiamente dichas. Estas últimas diferencian a los tratamientos experimentales aquí evaluados de las técnicas habituales de limpieza de cauces, que únicamente incluyen la corta del carrizo o la retirada parcial del rizoma sin mecanismos adicionales para prevenir su reimplantación. Se ha evaluado la eficacia de los tratamientos en términos de reducción de la densidad de carrizo frente a la máxima que alcanzaría una zona no tratada. En 42 parcelas, tras la corta inicial de *Phragmites australis*, se extrajo manual o mecánicamente el rizoma (en el segundo caso con diferentes métodos). De las parcelas de 25 m (9 en total), 6 fueron aquéllas en las que el rizoma se extrajo de forma manual y 3 las únicas sobre las que no se realizó desbroce previo a la aplicación de herbicidas. Esto supone que el rizoma fue sometido a tratamientos de diferente alcance (profundidad de excavación) e intensidad (mayor o menor eficacia o selectividad en la retirada de las partes vegetativas extraídas). Seguidamente, se aplicaron diferentes revestimientos físicos (mantas orgánicas, adobe+paja...) cubriendo toda la superficie de las parcelas. En 12 parcelas, tras la corta de *Phragmites* (6) o directamente sobre la especie (3), se aplicaron tratamientos a base de tres tipos de aditivos químicos (herbicidas): Glifosato, Azimsulfuron y Cihalofob-butil.



El encharcamiento continuo de la zona de trabajo por las continuas lluvias del año 2010 y por tratarse de canal confinado donde drenan todos los riegos de las zonas cercanas ha obligado a desarrollar el proyecto en dos fases. Además, ante la imposibilidad de intervenir, se trasladaron las parcelas correspondientes al tramo persistentemente encharcado a una zona del canal diferente de la inicialmente seleccionada. Por lo tanto, se ha producido un desfase temporal y un desplazamiento espacial de las actuaciones que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar los resultados. El desfase ha sido de un año, por lo que en la práctica se dispone de un bloque de parcelas cuyo seguimiento cubre una fase avanzada de recuperación (12 a 23 meses tras los tratamientos) y otras en una etapa temprana (2 a 11 meses tras los tratamientos). Todo ello sin perjuicio de poder evaluar la eficacia global de cada tratamiento (considerando todas las parcelas conjuntamente). Además, para el primer bloque de parcelas se dispone de un seguimiento preliminar realizado durante seis meses del año 2010 (abril-septiembre).

La metodología de seguimiento incluye el muestreo de vegetación en las parcelas seleccionadas y el registro de diversas variables ambientales en las mismas, así como la toma de muestras para la caracterización edáfica de éstas y de una selección de localizaciones equivalentes en puntos del cauce no tratados (margen opuesta). Se utiliza la densidad de tallos de carrizo como variable indicadora de la respuesta a los tratamientos. Su respuesta a los tratamientos y la relación con los factores ambientales muestreados se analiza mediante análisis factorial (análisis de la varianza o prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis) y modelos de regresión (lineales y generalizados mixtos).

Durante todo el desarrollo del estudio se ha realizado además una recopilación de antecedentes documentales y bibliografía estructurada 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) Datos de tratamientos previos de control de carrizo - normalmente abordado junto con el de la caña común *Arundo donax*- en la conservación y mantenimiento de cauces de la Confederación Hidrográfica del Segura (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, y (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.

A modo de síntesis, los resultados de los tratamientos realizados sobre el carrizo en la zona de trabajo del canal del Reguerón han sido:

- Existe un efecto significativamente diferente de los tratamientos mecánicos frente a la ausencia de tratamiento al final del primer ciclo de recuperación del carrizo. También existen diferencias significativas entre pares de bloques de tratamientos mecánicos, ordenándose su eficacia en el sentido Patacabra > Vertedera > Retirada manual de rizoma > Ripper+rotovator
- Cuando se incorpora el efecto de los recubrimientos, la mayor eficacia inicial se logra mediante la aplicación de adobe+paja (>60%), existiendo además un reducido número de combinaciones con una eficacia aceptable (superando el 40% de reducción con respecto a las zonas no tratadas)
- Los modelos lineales generalizados que utilizan como variables explicativas los tratamientos del rizoma y los revestimientos, controlando el efecto del sitio (parcela), detectan un efecto negativo sobre la densidad de carrizo que se desvanece en la mayoría de los casos a los dos años de su aplicación, aunque el porcentaje de variabilidad que explican es muy bajo.
- Doce meses después de su aplicación, hay tres tratamientos que ejercen un efecto negativo sobre la densidad (patacabra, retirada de rizomas y vertedera). En cuanto a los recubrimientos hay tres tipos que disminuyen significativamente la densidad (adobe+paja, manta de esparto y colchón de coco). A los dieciocho meses los dos primeros tratamientos siguen ejerciendo un efecto negativo estadísticamente significativo y pero ninguno de los revestimientos. Tras dos años de tratamientos, únicamente la retirada de rizoma mantiene un efecto negativo significativo, aunque con un peso progresivamente menor.
- A medio plazo la simple retirada de rizoma sin actuaciones adicionales (revestimientos) no se diferencia de los tratamientos que sí los incluyen, si



bien la mayor efectividad inicial de estos últimos podría ser aprovechada para introducir especies competidoras (gramíneas pratenses)

- Entre las variables ambientales analizadas, aparece una relación cuadrática significativa aunque débil entre la insolación y la densidad de tallos. Masas monoespecíficas de *Phragmites* pueden extinguir totalmente la luz incidente con densidades de 30 tallos/m<sup>2</sup> si éstos son muy largos (> 2 m). En el Reguerón esta densidad es precisamente la que marca el máximo de radiación incidente, disminuyendo por encima de dicho valor. Aparece una relación similar entre la humedad atmosférica y la densidad de tallos, que denota una ligera tendencia a que la retención de humedad aumente hasta cierto punto con el desarrollo del carrizo. Existe también una ligera tendencia a que el incremento de la densidad de tallos se asocie a un aumento de la temperatura a nivel del suelo, parámetro que puede afectar al crecimiento de *Phragmites* (en este caso la relación entre las variables es lineal). Además, la acumulación de necromasa parece tener un papel preponderante en la modificación de la temperatura dentro de las masas monoespecíficas de carrizo.
- La comparación entre los valores de caracterización edáfica inicial y final de las parcelas muestreadas revela cambios estadísticamente significativos que pueden haber afectado al desarrollo de la especie problema. En concreto, hay aumentos significativos en la concentración de P, K, S y Al, pH y conductividad eléctrica, que se producen con independencia de si el carrizal ha sido tratado o no, con lo que la parecen estar reflejando una dinámica local probablemente relacionada con los cambios hidrológicos en el canal durante el periodo de estudio. Consideradas conjuntamente, los análisis del suelo sólo muestran diferencias significativas entre las zonas tratadas y no tratadas para una variable, el contenido de humedad (globalmente mayor en las muestras tratadas), por lo que cabe atribuir a los tratamientos y revestimientos, al menos, un cierto efecto de incrementar la capacidad de retención de agua. El contenido de potasio varía espacialmente, con una tendencia a aumentar entre tramos (en el sentido 1 < 2 << 3) y una relación positiva con la densidad de carrizo. Aunque la fertilización con potasio no parece tener un efecto



significativo sobre el crecimiento o la absorción de nutrientes en *Phragmites*, algunos autores citan incrementos significativos en tejidos en respuesta a una mayor concentración de K en el medio.

- La eficacia (% de reducción de la densidad *normal* en ausencia de tratamiento) decrece marcadamente con el tiempo. Los tratamientos con antigüedad de ~1 año tienen una eficacia que en promedio se sitúa entre el 37-40%, los de ~2 años entre 0,36-14,11%. Esta caída de la eficacia se relaciona con la pérdida de efectividad de los revestimientos y ausencia de especies herbáceas competidoras y de gestión complementaria. Al final del periodo de seguimiento las actuaciones más eficaces son las que combinan patacabra y ripper+rotovator con adobe+paja, y retirada manual de rizoma con colchón de coco, si bien la persistencia estimada para los tratamientos aplicados es normalmente de 2 años (3 en el mejor de los casos)
- Considerando el coste y persistencia de los tratamientos, los más recomendables son los que combinan vertedera y ripper+rotovator con manta orgánica de esparto. Estos tratamientos superan los 4 € de coste de aplicación por m<sup>2</sup> (más de 40.000 €/ha, o más de 64.000 €/km lineal, considerando una anchura de 2 x 8 = 16 m para ambos márgenes del cauce).
- El coste de las actuaciones es elevado en relación con su persistencia, y si se compara con otros proyectos realizados en cuencas mediterráneas supera ampliamente a los costes de mantenimiento periódico, resultando competitivo sólo en algún caso frente a operaciones de eliminación de *Phragmites* de gran complejidad.

Queda manifiesto el papel que tienen los diversos tratamientos en la reducción inicial de la densidad y por lo tanto en la generación de condiciones idóneas para reducir de forma permanente la densidad de tallos de carrizo. Estos tratamientos pueden ser ordenados en función de su coste para seleccionar aquéllos que deberían servir de punto de partida para consolidar los efectos iniciales mediante tratamientos de refuerzo o complementarios. Aunque los valores máximos de abundancia registrados durante el estudio (en torno a 40 tallos/m<sup>2</sup>, tanto en las parcelas testigo como en los tratamientos



que han agotado su eficacia) pueden considerarse bajos para las densidades que puede alcanzar la especie, está por determinar cuál es la densidad óptima compatible con la funcionalidad hidráulica del canal desde una perspectiva hidromecánica. Por otra parte, las complejas relaciones que se establecen entre las diversas variables morfológicas y demográficas utilizadas en las investigaciones sobre *Phragmites australis* aconsejan realizar estudios más detallados sobre el estado de desarrollo esperable a medio plazo en esta formación vegetal.

En la comparación de la eficacia de las diferentes combinaciones de tratamientos, se destaca que los más recomendables en términos de coste-eficacia son los que integran tratamiento mecánico de vertedera o ripper+rotovator con manta orgánica de esparto. Este tipo de sustratos orgánicos se han mostrado eficaces en el control de vegetación acuática invasora permitiendo al mismo tiempo el establecimiento de otra vegetación. La introducción de vegetación competidora también es una opción eficaz para frenar la expansión del carrizo. Por tanto, se requieren experiencias adicionales que integren tratamientos complementarios a las combinaciones evaluadas durante el presente proyecto, y por ello se ha propuesto realizar plantaciones de herbáceas pratenses combinadas con el pastoreo para mantener una estructura de vegetación idónea. Estas actuaciones se realizarían a una escala más reducida sobre aquellas parcelas con tratamientos más eficaces, y se someterían a seguimiento posterior.

Sería conveniente realizar varios tipos de estudios adicionales relacionados con la aplicación de las recomendaciones propuestas, para determinar: (a) la capacidad de las especies herbáceas introducidas de mantener la reducción inicial de densidad del carrizal (mediante el seguimiento *in situ* de tratamientos experimentales, no necesariamente de la misma escala que los actuales); (b) la capacidad adicional de control de la densidad, biomasa y altura de la vegetación (de *Phragmites* y sus competidores) que pueda lograrse a través del uso del ganado como herramienta de gestión; (c) la densidad óptima de carrizo para garantizar la funcionalidad hidráulica del canal, integrando el efecto de esta formación en los cálculos de resistencia hidráulica.

Como conclusiones y recomendaciones generales, finalmente, se establecen:



- Se requiere una gestión adaptativa de los proyectos de actuación (en relación con situaciones y resultados no previsibles, factores no contemplados)
- La introducción de especies nativas competidoras o capaces bloquear el desarrollo del carrizo parece un requisito esencial para el éxito de las actuaciones, incluso en ambientes tan artificializados como el Reguerón
- La combinación de métodos mecánicos y físicos con otros basados en interacciones biológicas (competencia, herbivoría) parece la estrategia óptima de control, pero son necesarios estudios adicionales para evaluar el potencial de control de especies competidoras y ganado
- Dada la imposibilidad de erradicar la especie, se requiere también un esfuerzo investigador adicional para modelizar la resistencia hidráulica del canal y determinar las densidades óptimas admisibles de carrizo
- La duración del estudio parece excesivamente corta para extraer conclusiones de aplicación generalizada basadas en los actuales tratamientos, y para el seguimiento acciones complementarias o de refuerzo



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe Final se elabora en cumplimiento del Anexo I al **Contrato nº 187.133** para la realización **SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DEL CARRIZO (PHRAGMITES AUSTRALIS) 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 campo<sup>1</sup>.

Los datos registrados, documentación adicional y fichas de campo se entregan como Anexos a la presente memoria, incluyéndose así mismo en la entrega, las fichas de reconocimiento inicial y las fichas de muestreo cumplimentadas en cada uno de los meses de trabajo.

Hay que señalar que en gran medida este informe es una compilación de los precedentes (mensuales y trimestrales) en cuanto a los datos presentados. Como principal novedad aporta tres elementos principales:

- I. una síntesis e interpretación en cada uno de los apartados, y de forma global, de los resultados del seguimiento propiamente dicho,
- II. el análisis pormenorizado, no presentado hasta el momento, de los datos del seguimiento preliminar realizado durante seis meses del año 2010; y

---

<sup>1</sup> 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/doku.php?id=seguimiento\\_y\\_analisis\\_de\\_las\\_actuaciones\\_para\\_el\\_control\\_experimental\\_del\\_carrizo\\_phragmites\\_australis\\_en\\_la\\_region\\_de\\_murcia](https://webs.um.es/frobleda/miwiki/doku.php?id=seguimiento_y_analisis_de_las_actuaciones_para_el_control_experimental_del_carrizo_phragmites_australis_en_la_region_de_murcia)



- III. el análisis comparativo de eficacia entre los tratamientos de control aplicados, y de éstos con otros de referencia.

Sobre la base de los tres puntos anteriores, se elaboran las conclusiones finales y recomendaciones de acción futura.

La memoria consta también de un resumen extenso de ejecución del contrato (que precede a este apartado). Dicho resumen ejecutivo ha sido concebido como un documento básico de comunicación dirigido a los gestores, responsables de la aplicación práctica de los resultados de la investigación.



## 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 del canal del Reguerón en los que se han realizado actuaciones de control y su consecuente seguimiento.

**TRAMO:** se refiere a cada una de las secciones longitudinales en las que se divide la zona de actuación dentro del Canal del Reguerón. Cada tramo quedó dividido en parcelas en las que se aplicaron los diferentes tratamientos, siendo estos los mismos en los 3 tramos al objeto de disponer de tres réplicas. Aunque inicialmente estaba prevista la identidad espacial entre tramos y secciones físicas del cauce, esto no fue posible salvo en el primero de ellos. De esta manera se intervino en tres secciones: “Machacanta” (=Tramo 1); “Central” (parte de las parcelas del Tramo 2); y una tercera, sin topónimo que la identifique (con el resto de las parcelas del Tramo 2 y todas las del Tramo 3).

**PARCELA:** hace referencia las unidades espaciales en las que se dividen los tramos anteriormente definidos y en las que se ha aplicado un tratamiento diferente. La zona donde se ha realizado la actuación consta de 45 parcelas incluyéndose 15 parcelas en cada tramo.

**EJECUCION INICIAL:** se refiere al conjunto de actuaciones ejecutadas en 2010. Estos primeros trabajos se realizan previamente sobre el tramo 1 y las parcelas del 2 pertenecientes a la sección “Central”.



**EJECUCION APLAZADA:** se refiere al conjunto de actuaciones ejecutadas a partir de noviembre de 2010. Estas actuaciones se realizan sobre todas las parcelas del tramo 3 y las parcelas del tramo 2 pendientes, que quedaron ubicadas en la misma sección del cauce.

**TESTIGO:** hace referencia al tramo del margen izquierdo del canal 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 del cauce del canal. Este tramo es el que servirá para realizar las comparaciones pertinentes a la hora de llevar a cabo el seguimiento de las actuaciones ejecutadas en el margen opuesto.

**(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 ha extraído una muestra de suelo para su posterior análisis y estudio de las condiciones del conjunto de cada parcela. Estas mismas muestras se han obtenido de localizaciones equivalentes en la margen opuesta a un número representativo de parcelas.

**TRATAMIENTO:** en general se refiere a cualquier método de control (mecánico, químico, revestimiento físico u orgánico) aplicado de forma aislada o en combinación con otros. La secuencia de aplicación es siempre tratamiento mecánico+químico o mecánico+revestimiento. 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).

### **3.2 Recopilación y análisis de antecedentes**

En cumplimiento del punto 3.0 del Pliego por el que se rige el presente Contrato, se ha abordado una recopilación de antecedentes sobre tipos de tratamientos aplicados al control de carrizo, que contuvieran información sobre descriptores de eficacia (o al menos una evaluación relativa de la misma).

Además, se ha recopilado otra bibliografía y documentación científico-técnica diversa, sobre aspectos básicos de la ecología del carrizo en sistemas fluviales y otros ecosistemas relacionados, y sobre aplicaciones a su control para el mantenimiento de la funcionalidad (hidráulica, recreativa, etc.) de los cauces. Esta parte del trabajo se ha ido configurando a medida que la obtención de recursos bibliográficos y documentales permitía acotar los criterios de búsqueda y las fuentes de información útiles.

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 la infraestructura hidráulica estudiada y en el conjunto de la red hidrográfica de las cuencas fluviales mediterráneas semiáridas.

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) Datos de tratamientos previos de control de carrizo o caña común<sup>2</sup> en la conservación y mantenimiento de cauces de la Confederación Hidrográfica del Segura (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 (Google Académico) utilizando palabras clave (*Phragmites australis*, control/erradicación, Mediterráneo, cauce/canal/río) como términos de búsqueda, y combinándolos en cadenas específicas de hasta 4 términos.

---

<sup>2</sup> 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 Río Segura "SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS ACTUACIONES PARA EL CONTROL EXPERIMENTAL DE LA CAÑA COMÚN (ARUNDO DONAX) 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.



### 3.3 Descripción general de las actuaciones de control

#### 3.3.1 Propuestas iniciales

El equipo de trabajo propuso a la CHS en 2009 un protocolo de actuaciones en el que se proponía dividir 10.000 m lineales de actuación en 20 tramos de 500 m, en los cuáles se realizaría un tratamiento inicial común de inundación durante 6 meses, mediante la instalación de un dique hinchable (para el manejo de la inundación/desagüe).

El nivel de inundación inicial propuesto para el dique era de 1,5 m, lo que garantizaba un nivel de agua de 50 cm en la parte más alejada del mismo (“cola” del tramo).

Tras la fase inicial de inundación, se propuso aplicar los siguientes tratamientos:

- Desagüe y plantación con enea (*Typha*) y lirio de agua (*Iris pseudacorus*), en la parte más cercana al dique, y *Scirpus*, *Juncus*, *Lygeum*, *Erianthus*, *Brachypodium phoenicoides*..., en la más alejada, con dos opciones posteriores:
  - o Reinundación del tramo durante otros 6 meses, hasta un nivel de 75 cm (5 réplicas)
  - o Mantener el tramo desagüado (5 réplicas)
- No plantación:
  - o Mantener el tramo inundado durante otros 6 meses, hasta un nivel de 75 cm (5 réplicas); no es necesario desaguar.
  - o Mantener el tramo desagüado (5 réplicas)



Se indicaba así mismo que sería necesario establecer un contrato para la producción de planta con destino a disponer de los ejemplares necesarios para las plantaciones previstas.

Se propuso el siguiente calendario tentativo y el esquema espacial de distribución de las actuaciones que se presenta a continuación:

**Septiembre-diciembre 2009:** instalación de diques y siega (opcional) del carrizo

**Marzo 2010:** nueva siega del carrizo (previa a la inundación)

**Abril-Septiembre 2010:** inundación (común a todos los tramos)

**Octubre 2010:** Desagüe + Plantación y siembra

**Noviembre 2010-Abril 2011:** Reinundación (en los tramos en los que proceda)

	Aguas arriba										Aguas abajo									
Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inundación inicial	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Desagüe	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		■		■		■	
Plantación	■		■		■		■		■		■		■		■		■		■	
Re-inundación											■		■		■		■		■	

El diseño no pudo ser aprobado por la incompatibilidad de los obstáculos transversales (diques) encaminados a mantener los niveles de inundación requeridos, con el funcionamiento del canal en episodios de avenidas de agua. Dado que no era posible garantizar la viabilidad de las plantaciones de especies sustitutorias/competidoras del carrizo, sin el régimen de inundación propuesto, se substituyó este protocolo inicial por otro en el que se combinaban exclusivamente tratamientos mecánicos, físicos (revestimientos orgánicos o minerales-orgánicos), y químicos (herbicidas). Posteriormente (septiembre de 2011), como propuesta adicional se planteó de nuevo la realización de plantaciones de especies herbáceas competidoras sobre dichos tratamientos.



### 3.3.2 Tratamientos seleccionados

Las actuaciones de control que finalmente han sido objeto de seguimiento y evaluación, integran el “**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. ACTUACIÓN EN EL RÍO GUADALENTÍN, T.M. MURCIA, (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 químicos), de manera que puedan establecerse (y comprobarse estadísticamente) las diferencias de eficacia, permitiendo la selección de la combinación óptima en términos de efectividad frente al coste de aplicación.

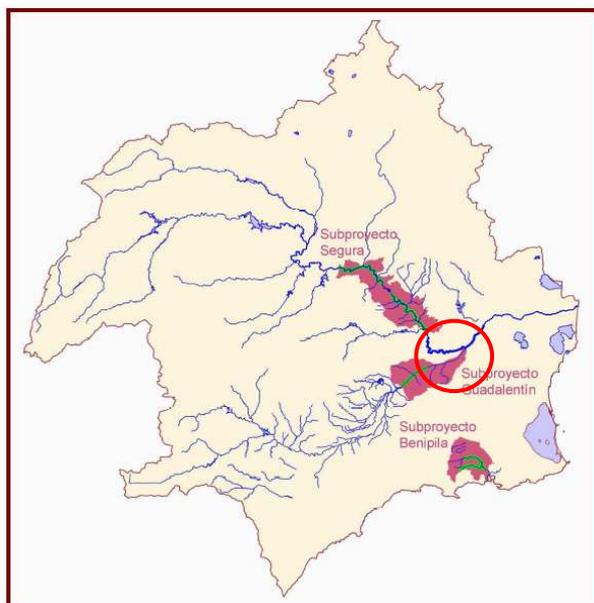
Se establecieron parcelas de 25 y 100 metros en tres tramos del cauce, en la mayoría de las cuales se llevó a cabo la eliminación del carrizo como paso previo a la aplicación de medidas de control propiamente dichas. Estas últimas son las que diferencian a los tratamientos experimentales aquí evaluados de las técnicas habituales de limpieza de cauces que únicamente incluyen la corta del carrizo y la retirada del rizoma sin contemplar mecanismos adicionales para prevenir su reimplantación. En este sentido, se evaluará la eficacia de los tratamientos experimentales en términos de reducción de la densidad de carrizo frente a la máxima que alcanzaría una zona no tratada (o una vez recuperada tras un tratamiento convencional previo).

En todas las parcelas, tras la corta inicial de *Phragmites australis*, se procedió a extraer manualmente el rizoma o a tratarlo mecánicamente (en este último caso con diferentes métodos). Las parcelas de 25 m (9 en total) fueron aquéllas en las que el rizoma se extrajo de forma manual (6) o en las que no se realizó desbroce (3). Esto supone que el rizoma fue sometido a tratamientos de diferente alcance (profundidad de excavación) e intensidad (mayor o menor eficacia o selectividad en la retirada de las partes vegetativas extraídas).

Como paso siguiente, se aplicaron diferentes revestimientos físicos (mantas orgánicas, adobe+paja...) cubriendo toda la superficie de las parcelas tratadas. En un

cierto número de parcelas, tras la corta de *Phragmites* o directamente sobre la especie, se aplicaron tratamientos a base de aditivos químicos (herbicidas) en sustitución de dichos revestimientos. En este último caso tres cuartas partes de la parcela no eran tratadas para evitar que el efecto del herbicida pudiera alcanzar a los tratamientos adyacentes, estableciéndose zonas de amortiguación entre éstos y las parcelas que recibieron el herbicida (25 m lineales). En algunas parcelas el tratamiento con herbicida se realizó directamente (sin desbroce), y en otras después de la corta y triturado mecánico de la parte aérea (esta se realizó sobre el total de los 100 m lineales de la parcela).

En la tabla 1 se indica la combinación de tratamientos aplicados en cada parcela, cuya situación aparece reflejada en la figura 1 y en los mapas del apartado 3 (Figuras 11 y 12). Como Anexo 13 se presentan las fichas individuales de características y estado de cada parcela.



RG21	Aditivos + Sin Desbroce	
RG22	Aditivos	
RG23	Aditivos	Azimsuituron
RG24	Aditivos	Cihalofob-butil
RG25	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	
RG26	Retirada manual rizoma + Manta Esparto	
RG27	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	
RG28	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	
RG29	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	

Parcela	Tratamiento	Observaciones
RG30	Vertedera + Colchón Coco	
RG31	Vertedera + Manta Esparto	
RG32	Vertedera + Paja + Adobe	
RG33	Pata Cabra + Colchón Coco	
RG34	Pata Cabra + Manta Esparto	
RG35	Pata Cabra + Paja + Adobe	
RG41	Aditivos + Sin Desbroce	Glifosato
RG42	Aditivos	Glifosato
RG43	Aditivos	Azimsulfuron
RG44	Aditivos	Cihalofob-butil
RG45	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	
RG46	Retirada manual rizoma + Manta Esparto	
RG47	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	
RG48	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	
RG49	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	
RG50	Vertedera + Colchón Coco	
RG51	Vertedera + Manta Esparto	
RG52	Vertedera + Paja + Adobe	
RG53	Pata Cabra + Colchón Coco	
RG54	Pata Cabra + Manta Esparto	
RG55	Pata Cabra + Paja + Adobe	
RG60	Vertedera + Colchón Coco	
RG61	Aditivos + Sin Desbroce	Glifosato
RG62	Aditivos	Glifosato
RG63	Aditivos	Azimsulfuron
RG64	Aditivos	Cihalofob-butil
RG65	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	
RG66	Retirada manual rizoma + Manta Esparto	
RG67	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	
RG68	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	
RG69	Ripper + Rotovator + Adobe	
RG71	Vertedera + Manta Esparto	
RG72	Vertedera + Adobe	
RG73	Pata Cabra + Colchón Coco	
RG74	Pata Cabra + Manta Esparto	
RG75	Pata Cabra + Adobe	

Tabla 1. Metodología de control aplicada en cada parcela.

A continuación se incluye una breve descripción de las características de cada tipo de tratamiento, extraída del Informe definitivo de ejecución del proyecto (enero 2011). En dicho informe se incluye una descripción más precisa de los mismos, dificultades encontradas y trabajos adicionales requeridos durante su aplicación.



**Corta y triturado mecánico de carrizo y caña (Figura 2):** realizado con carácter previo en todas las parcelas con excepción de aquéllas en los que se aplicaron herbicidas de forma directa.

**Aplicación manual de herbicidas mediante vehículo todo terreno y cuba herbicida acoplada situado en el margen superior del canal (Figura 3).** Los productos utilizados fueron:

Glifosato

Azimsulfuron

Cihalofob-butil

**Laboreo ripper y doble pasada rotovator (Figura 4):** Consiste en el laboreo en líneas de nivel en terrenos compactos y sin grandes piedras en cauces y taludes de ramblas y ríos con pendiente de 0-5%, consistente en el subsolado con sistema de 3 ripper de hasta 60 cm y posterior pasada de rotovator-cultivador de profundidad al menos de 30 cm.

**Laboreo con doble pase de vertedera (Figura 5):** Laboreo hasta 40-60 cm realizado con tractor oruga o similar de 150 CV, con vertedera agrícola.

**Compactación lechos con pata cabra (Figura 6):** Compactación con rodillo vibrante tipo pata cabra hasta el máximo nivel de compresión del material vegetal.

**Compactación del lecho con pata cabra (Figura 7):** Compactación con rodillo vibrante tipo pata cabra hasta el máximo nivel de compresión del material vegetal.

**Cubrición con paja y adobe del lecho (Figura 8):** Restauración de taludes mediante cubrición de mezcla de arena, arcilla y agua (adobe) elaborado en zona de acopios, transporte a las parcelas y extendido manual. Totalmente acabado. Espesor 10-15 cm. Previa regulación manual de terreno.

**Instalación de colchón orgánico en el lecho (Figura 9):** Instalación de colchón de coco de densidad 1750 gr/m<sup>2</sup> en corrección de taludes teniendo en cuenta un 15 % de



solapes, fijado con grapas de acero corrugado B- 400 S en forma de U de 60 cm de longitud distribuidas a tresbolillo y en densidad de 1ud /m<sup>2</sup>.

**Instalación de manta orgánica en el lecho (Figura 10):** Instalación de manta de esparto de densidad 700 gr/m<sup>2</sup> en corrección de taludes teniendo en cuenta un 15 % de solapes, fijado con grapas de acero corrugado B- 400 S en forma de U de 60 cm de longitud distribuidas a tresbolillo y en densidad de 1ud /m<sup>2</sup>.

**Retirada manual de rizomas y transporte a vertedero:** retirada mecánica de estrato superficial de espesor 40 cm y con un repaso manual (12,5 % de la superficie) y transporte a vertedero.



*Figura 2. Corta y triturado mecánico de carrizo*



*Figura 3. Aplicación manual de herbicidas*



*Figura 4. Laboreo ripper*



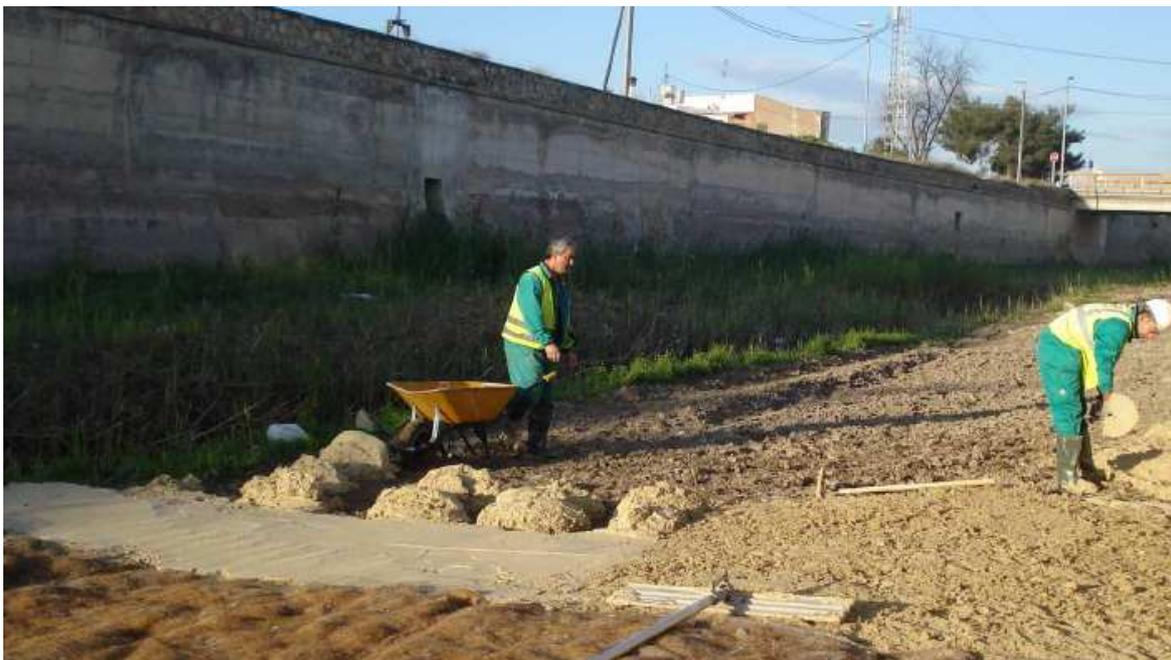
*Figura 5. Rotovator*



*Figura 6. Laboreo con vertedera*



*Figura 7. Compactación lechos con pata cabra.*



*Figura 8. Cubrición con adobe+paja.*



*Figura 9. Instalación de colchón de coco.*



Figura 10. Instalación de manta de esparto.

### **3.4 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 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. ACTUACIÓN EN EL RÍO GUADALENTÍN, T.M. MURCIA, (MURCIA)”. El cronograma tiene como finalidad clarificar el desarrollo temporal de dichas actuaciones, ya que debido a determinados condicionantes los trabajos no se realizaron simultáneamente (o durante un periodo de tiempo corto asimilable) en todo el ámbito del citado proyecto.

Uno de los inconvenientes expuestos en el Informe de Ejecución del Proyecto, y ya comentado en anteriores informes, ha sido el encharcamiento continuo de la zona de trabajo por las continuas lluvias del año 2010 y por tratarse de canal confinado donde drenan todos los riegos de las zonas cercanas. Debido a la persistencia del encharcamiento de uno de los tramos seleccionados, la actuación se ha tenido que

desarrollar en dos fases. Además, ante la imposibilidad de intervenir, se trasladaron las parcelas correspondientes al tramo persistentemente encharcado a una zona del canal diferente de la inicialmente seleccionada (Figura 12). Por lo tanto, se ha producido un desfase temporal y un desplazamiento espacial de las actuaciones que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar los resultados.

El desfase ha sido de un año, por lo que en la práctica se dispone de un bloque de parcelas cuyo seguimiento cubre una fase avanzada de recuperación (12 a 23 meses tras los tratamientos) y otras en una etapa temprana (2 a 11 meses tras los tratamientos). Todo ello sin perjuicio de poder evaluar la eficacia global de cada tratamiento (considerando todas las parcelas conjuntamente).

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

- 1 Ejecución de los tratamientos en los tramos 1 y 2 incluidos en las secciones “Machacanta” y “Central”
- 2 Ejecución de los tratamientos en el resto de los tramos (2 y 3)

### 3.5 Metodología de seguimiento

#### 3.5.1 Localización espacial y topografía. Distribución de las unidades de muestreo

La primera actuación fue el registro *in situ* de las coordenadas UTM inicio y UTM fin de cada parcela para su mejor localización. Se reflejan en el Anexo 1.

Para evaluar la eficacia de cada uno de los tratamientos aplicados, controlando al mismo tiempo el gradiente lateral de condiciones ambientales que pudiera manifestarse, se establecieron dos franjas paralelas de muestreo: una más cercana al cauce y otra más



alejada. El número y disposición de las unidades de muestreo está en función de la longitud de la parcela:

Para las **parcelas de 100 m**, la primera unidad de muestreo se situó a 5 m del comienzo de la parcela, manteniendo 12 m de separación entre el inicio de cada unidad. De esta forma, se establecieron 7 unidades de muestreo, dispuestas en un transecto lineal, para cada franja. La separación entre transectos será de 2,5 m.

Para las **parcelas tratadas con herbicida** la ubicación de las unidades fue diferente por la aplicación de éstos en los 25 primeros metros de la parcela. En estos 25 m se ubicaron 3 unidades de muestreo en cada transecto, iniciándose a 2 m del inicio de la parcela y separándose entre sí 4 m. En los restantes 75 m se ubicaron 4 unidades de muestreo separadas entre sí 18 m.

Por último, en las **parcelas de 25 m** de longitud (con eliminación manual del rizoma), las unidades se establecieron a partir de los 2 m del inicio de la parcela con una separación de 3 m.

En los dos últimos tipos de parcelas, la separación entre los dos transectos de unidades de muestreo fue de 2,5 m. Con ello, el número de unidades de muestreo que se establecieron en todas las parcelas será de 14.

### 3.5.2 Diseño de las fichas para la toma de datos

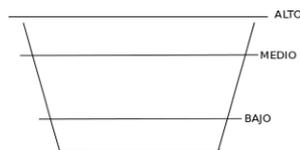
Como resultado de las sesiones iniciales de trabajo, y tras su ensayo y puesta a punto sobre el terreno, se elaboraron dos tipos de fichas para la toma de datos:

- (1) **Ficha general de caracterización** (con los contenidos que se desarrollan en el punto 3.5.3); su finalidad es la de caracterización inicial de cada parcela y la verificación posterior de las características registradas y sus posibles cambios.
- (2) **Ficha de muestreo**: en la que se consignan los datos de campo recogidos durante los muestreos regulares de vegetación, y los datos ambientales asociados que se registran con la misma periodicidad.

### 3.5.3 Descripción de la ficha general de caracterización

Se subdivide en 6 partes:

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.
3. **Estado general:** Se observa el estado de las actuaciones verificando que tanto el tratamiento general como el revestimiento, se encuentren en buenas condiciones.
4. **Extensión y topografía:** Se comprueba la extensión real de cada parcela y se define 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 situaciones posibles son:



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

- MUY DEBIL
  - DEBIL
  - FUERTE
6. **Observaciones:** Este campo se mantiene para la documentación de cualquier otro dato de interés (fotos, actuaciones puntuales, ...).

La FICHA GENERAL DE CARACTERIZACIÓN completa se presenta a continuación.



Fecha	<input type="text"/>		Inicio tramo	Fin tramo
Localidad	<input type="text"/>	X	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Código	<input type="text"/>	Y		

COMPROBACION DEL DISEÑO

Eliminación carrizo		Tratamientos			
Corta	<input type="text"/>	Patacabra	<input type="text"/>	Adobe	<input type="text"/>
Retirada man	<input type="text"/>	Vertedera	<input type="text"/>	Manta espar	<input type="text"/>
Retirada mec	<input type="text"/>	Rejon	<input type="text"/>	Manta coco	<input type="text"/>
Sin corta	<input type="text"/>	Rotavator	<input type="text"/>	Aditivos	<input type="text"/>

ESTADO GENERAL

Recubrimiento

EXTENSION Y TOPOGRAFIA

Anchura media  Max   
 Min

Longitud parcela (m)  Escollera   
 % long tramo

NIVEL DEL AGUA Y CORRIENTE

ALTO (desborda el canal)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MUY DEBIL
MEDIO (mitad superior del canal)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	DEBIL
BAJO (mitad inferior del canal)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	FUERTE

OBSERVACIONES



### 3.5.4 Características de la ficha de muestreo

Una vez caracterizada cada una de las parcelas de actuación se dará comienzo con el muestreo de la densidad de *Phragmites australis*. Para ello se ha diseñado la siguiente ficha en la que se documentan los siguientes datos estructurados en 4 bloques:

1. **Localización de la parcela:** Se anota el número de la parcela, se revisan las coordenadas de inicio y de fin de la parcela, y se registra la fecha del muestreo.
2. **Datos de tratamiento:** Se verifica que los tratamientos realizados sean los que se propusieron y se comprueba el estado de los mismos, haciendo hincapié en los recubrimientos.
3. **Unidades de muestreo:** Siguiendo la metodología explicada, se anotan los datos obtenidos durante el muestreo tal y como se muestra en el ejemplo de la ficha adjunta. La forma de rellenar esta parte de la ficha es la siguiente:
  - **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, *Phragmites australis*.
  - **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.
- **Observaciones:** Este campo se mantiene para la documentación de cualquier otro dato de interés (fotos, actuaciones puntuales...)

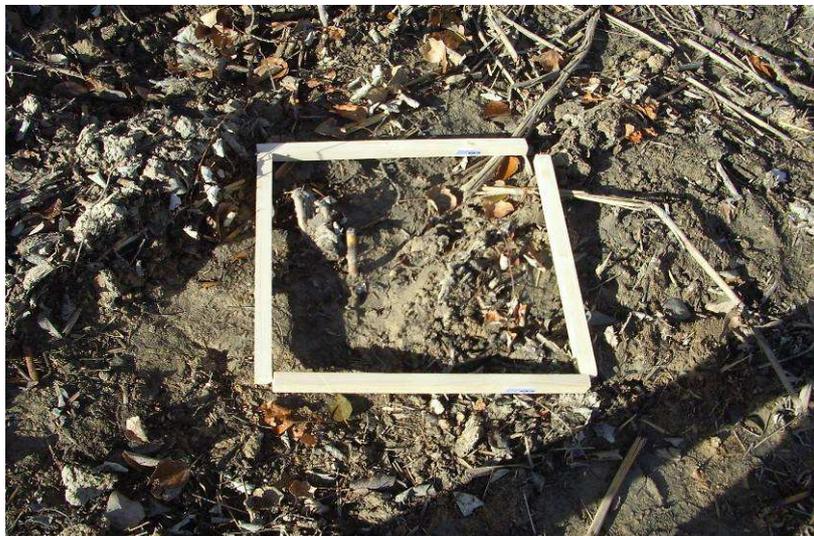


### 3.5.5 Muestreo de vegetación

Tras el ajuste al ritmo de desarrollo/recuperación de la vegetación problema y acompañante, y siempre con periodicidad mensual, se visitaron las zonas para la toma de datos florísticos y de evolución de la vegetación.

Para todas las parcelas de estudio, las unidades de muestreo fueron cuadradas con una superficie de 0,25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm), registrándose en cada una las siguientes variables mediante la **ficha de campo** estandarizada previamente descrita:

- **Nº de tallos de *Phragmites australis*** (para el cálculo de la densidad en tallos/m<sup>2</sup>) mediante conteo directo.
- **Cobertura de especies acompañantes** que aparezcan de forma natural en la unidad de muestreo, estimándose el recubrimiento del suelo en %.



### 3.5.6 Muestreo y registro de datos ambientales

En este apartado conviene hacer algunas precisiones relativas a las variaciones impuestas 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 permita- 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):

- a. 1 kg para la determinación de pH y conductividad, y para el análisis del contenido de materia orgánica (una parte de ella también fue utilizada para determinar el contenido de humedad)
- b. 10 g para el análisis de textura (% de arcilla, limo y arena), y para el análisis de macro y micronutrientes, contenido en carbonato cálcico y sales

### **3.5.7 Análisis de laboratorio**

El análisis de las primeras muestras se ha encargado al Centro de Edafología y Biología Aplicada del Sureste (CEBAS), y las segundas la Sección Universitaria de Instrumentación Científica (SUIC<sup>3</sup>), ambos localizados en el Campus Universitario de Espinardo.

El análisis del segundo tipo de muestras en dicho servicio, mediante el uso de técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX), 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.

Mediante esa técnica analítica se pueden determinar macroelementos y microelementos a una concentración normal del suelo (Norrish & Chappel, 1977; Jones, 1982; Mon, 2008). La técnica de fluorescencia de rayos X está basada en el principio de que si un átomo es bombardeado con fotones de alta energía, algunos de sus electrones son expulsados. Como otros electrones rellenan los niveles vacantes de energía ocupados por los electrones expulsados, ellos emiten un cuanto de radiación característica de este tipo particular de átomo. De aquí que, cada elemento tenga una propia serie de características de emisión o de líneas de FRX (Jones, 1982, 1991). Aplicaciones potenciales de la técnica son, entre otras:

- Determinación cualitativa rápida de los elementos presentes en un material desconocido prácticamente sin preparación de la muestra y determinación semicuantitativa usando factores sencillos de corrección
- Determinación cuantitativa de todos los elementos de una muestra (excluyendo a los elementos con número atómico por debajo de 5).

La fluorescencia de rayos X presenta amplias ventajas. Generalmente no es un método destructivo y, por tanto, puede ser aplicado sin dañar la muestra. Otra ventaja frecuentemente mencionada es la precisión y la rapidez del procedimiento (Mon, 2008).

Para realizar el análisis, una vez secas y tamizadas las muestras de suelo mediante un tamiz de 2 mm, se pesan 10 g finamente molidos en un mortero de ágata, mezclándolo con 2,5 g de cera de carbono Hoescht "micropowder". La mezcla se sitúa en una cápsula de aluminio de 4 cm de diámetro y 1 cm de profundidad, que es sometida a una elevada presión con la finalidad de obtener las pastillas sobre las que se realiza el análisis (Mon, 2008). Sobre las pastillas se realiza la determinación semicuantitativa de los elementos, utilizando un espectrómetro secuencial de rayos X.

---

<sup>3</sup> Perteneciente al Servicio de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de Murcia.



La parte de cada muestra de suelo destinada a establecer el contenido de humedad 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 que ha permitido determinar la humedad gravimétrica (peso del agua contenida en el suelo en %).

Desde la emisión del segundo informe trimestral (julio 2011), se dispuso ya de toda la información requerida para la caracterización inicial del suelo, tanto la relativa a sus propiedades físicas y contenido de humedad, como a su composición química (todos ellos de las muestras iniciales). Durante el cuarto y último trimestre se ha realizado la toma de muestras para el análisis de las condiciones edáficas finales (con un ligero adelanto con respecto al último mes de trabajo) con la intención de disponer de los resultados de caracterización final del suelo en el momento de elaborar el Informe Final. No obstante, diversas dificultades relacionadas con la toma de muestras y el funcionamiento del instrumental analítico, han retrasado la realización de los análisis finales, debiendo incluso transferir parte de las muestras al servicio de instrumentación científica de la Universidad Politécnica de Cartagena

### **3.5.8 Registro de otras incidencias**

Utilizando los apartados correspondientes de cada una de las fichas utilizadas, se registra cualquier incidencia relevante que se produce durante muestreos, como alteraciones puntuales u otro tipo de observaciones que no asimilables al tipo de datos contemplados en el protocolo de muestreo. Estas incidencias se relatan en los informes periódicos junto con otras acciones relacionadas con el seguimiento, como reuniones o visitas de trabajo, propuestas adicionales, etc.

### 3.6 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.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
2010													
2011		I📖		M📖 M📖 MT📖 M📖 M📖 MT📖 M📖 M📖 MT📖 M📖 M📖									→F📖

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

**FASE 2: Desarrollo del Seguimiento** (incluyendo elaboración de informes mensuales = M📖 y trimestrales = T📖, y el muestreo final del suelo)

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

Los trabajos de seguimiento de la Fase 1 se han realizado únicamente sobre los tramos 1 y 2, ejecutados en 2010 (Figura 11). A partir de febrero de 2011 se incluye también en el seguimiento (Fase 2), el tramo 3 (Figura 12).



PROYECTO DE I+D+i PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y CONTROL DE CÁMERALES PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y RECUPERACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PASAJE DEL RÍO GUADALENTÍN. FICHA DE PURGA.

PLANO: NUEVO TRAMO RÍO GUADALENTÍN

FECHA: 31-AGOSTO-2.010

ESCALA: 1:10.000

Figura 11. Mapa de localización de los tratamientos (tramos 1 y 2, ejecutados en febrero de 2010)

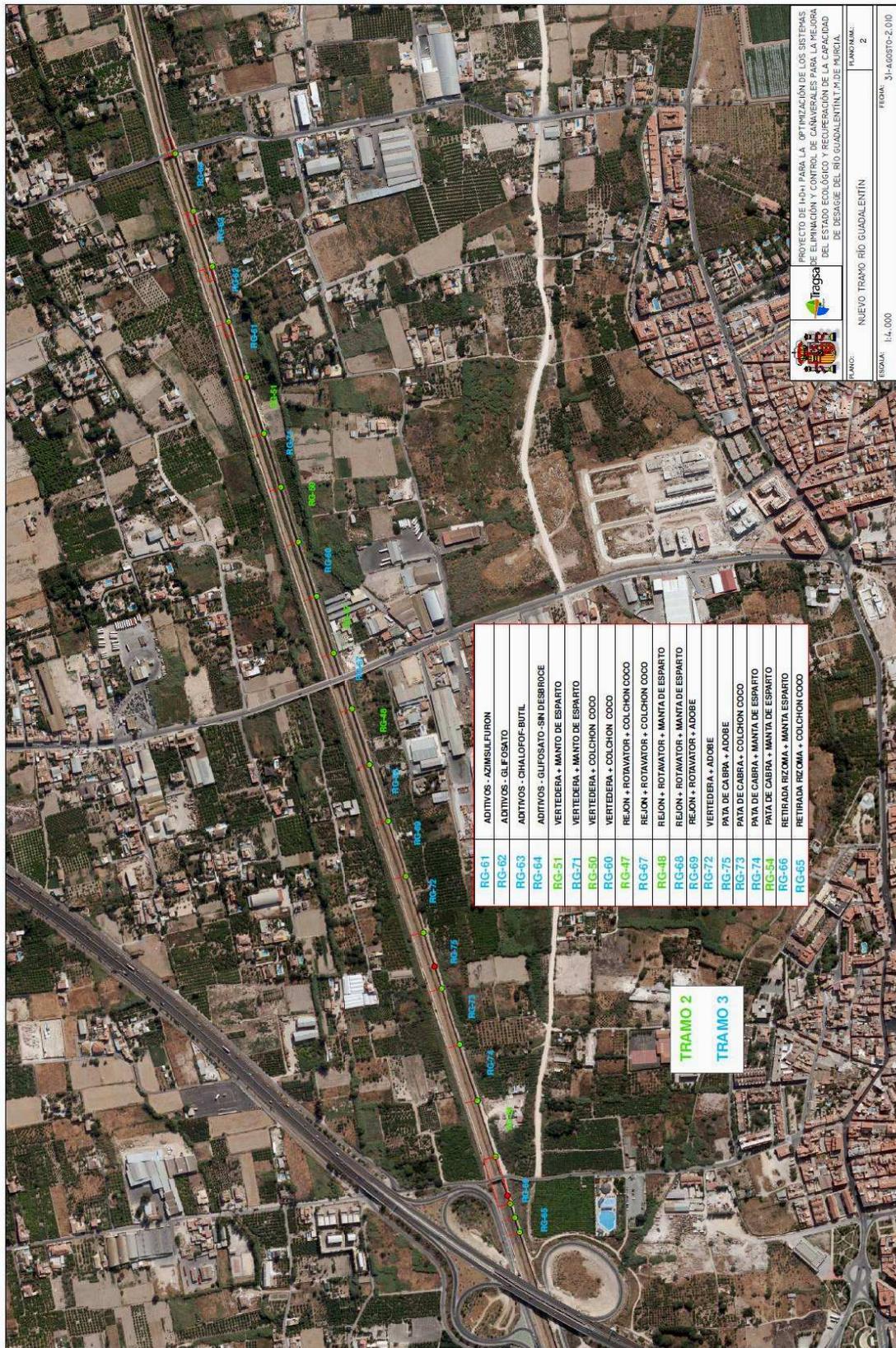


Figura 12. Localización de los tratamientos (Tramos 2 y 3), aplazados hasta noviembre-diciembre de 2010.



### 3.7 Tratamiento y análisis estadístico de los datos

Como indicador de respuesta (variable dependiente) en los análisis se ha utilizado la densidad de carrizo 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. Otros autores (por ej. Gómez *et al.*, 2004) han utilizado la densidad de *Phragmites* como indicador de respuesta a modificaciones hidroquímicas en cauces de la Cuenca del Segura. Dado que esta especie inhibe la germinación o establecimiento de otras especies vía modificación de factores bióticos y abióticos (Meyerson *et al.*, 2000; Domènech & Vilà, 2006), la reducción de su densidad supone una ventana para la eventual colonización de especies competidoras (Lenssen *et al.*, 2004), que podría constituir una segunda fase 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. Como 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). La prueba se ha aplicado en una aproximación jerárquica, partiendo de comparaciones globales por factor y posteriormente realizando tests pareados entre clases de dicho factor para detectar qué tratamientos se diferencian de forma significativa del resto. Se han utilizado también modelos de regresión lineal para explorar la relación entre la densidad de carrizo y determinadas variables ambientales, y para ajustar la variación de esta variable en el tiempo desde la aplicación de los tratamientos. Todos los análisis se han implementado mediante el software de distribución libre “R” (R development Core Team, 2007).



Finalmente, para evaluar el efecto conjunto de los tratamientos a los que se somete el rizoma y de los diferentes cubrimientos implantados posteriormente, sobre la densidad de tallos de *Phragmites australis*, se ha realizado un análisis de regresión múltiple mediante modelos lineales generalizados (GLM). Los diferentes tramos de estudio configuran un factor de agrupación aleatorio, así como la réplica temporal (mensual) de los muestreos configura un factor de agrupación fijo.

El papel de dichos factores es importante: el factor aleatorio controla el efecto que puedan tener sobre la densidad de tallos de carrizo, las características intrínsecas y particulares de cada tramo, que no han sido registradas en el muestreo ni tenidas en cuenta en los análisis, mientras que el factor fijo integrará en el análisis el efecto que tiene el paso del tiempo (de mes a mes) sobre la densidad de tallos.

Como se expone en el apartado 6.2, en los modelos de regresión múltiple inicialmente planteados (párrafos anteriores), en ausencia de tratamientos continuados, el paso del tiempo -reflejando la dinámica natural de la especie- propicia un aumento de la densidad de tallos a medio-largo plazo. No obstante se aprecia de forma marginal un efecto negativo sobre la densidad por parte de alguno de los tratamientos testados (en concreto “patacabra” y “retirada de rizoma”).

Sobre estos resultados, se procederá en consecuencia a analizar la efectividad de los diferentes tratamientos y recubrimientos (de forma separada) con respecto a la reducción de la densidad de tallos de *Phragmites australis*.

En primer lugar se deben definir los factores de agrupación: el factor “parcela” va a ser un factor de agrupación aleatorio, que controlará el efecto que puedan tener sobre la densidad de tallos las características intrínsecas de cada una.

Por otro lado, se debe excluir del análisis el factor “tiempo”, para poder evaluar el efecto aislado de los tratamientos/recubrimientos sobre la densidad, sin tener en cuenta la dinámica natural de la especie. Así, se procederá a analizar la relación de la densidad de tallos con los diferentes tratamientos/recubrimientos en momentos concretos del desarrollo del seguimiento.



Los momentos seleccionados han sido:

- 6 meses después de iniciar el tratamiento (MODELO I)
- 12 meses después de iniciar el tratamiento (MODELO II)
- 18 meses después de iniciar el tratamiento (MODELO III)
- 23 meses después de iniciar el tratamiento (MODELO IV)

Los modelos de regresión van a testar, en parcelas con diferentes combinaciones de tratamientos y recubrimientos, su efecto sobre la densidad de tallos muestreada. Estas parcelas se agrupan en dos tramos de estudio “Inicial” (la intervención comenzó en enero de 2010) y “Aplazado” (la intervención comenzó en noviembre de 2010). Los valores “control” de densidad se obtienen de un tramo “Testigo” en el que no se aplicaron tratamientos ni recubrimientos.

La interacción entre tratamientos y recubrimientos (evaluar para cada tratamiento, qué efecto tienen los diferentes recubrimientos o viceversa) no pudo ser testada ya que no existían todas las combinaciones posibles entre ambos (determinados recubrimientos sólo se aplicaban en parcelas con determinados tratamientos). Los modelos generalizados se implementaron mediante el paquete lme4 (Bates & Maechler, 2010) para R (R Development Core Team, 2007).



## 4. RESULTADOS DE LA RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

### 4.1 *El carrizo como especie problema: marco europeo y global*

Como especie nativa del viejo mundo, el Carrizo común [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex. Steu.] no puede ser considerada una especie exótica aunque su potencial invasor es elevado bajo determinadas condiciones ambientales. En Europa *Phragmites australis* ha sido estudiado ampliamente desde la época del Programa Biológico Internacional (IBP) en los años 60-70 del pasado siglo. La gestión y uso de los humedales dominados por *Phragmites* fue sintetizado por Gopal y Mazing (1990) y Haslam *et al.* (1998).

La historia reciente de *Phragmites australis* subsp. *australis* en Europa incluye ejemplos tanto de declive como de expansión. El esfuerzo investigador sobre las comunidades naturales de carrizo ha sido motivada por el fenómeno del *die-back* (muerte) de estas formaciones y por las iniciativas derivadas hacia su protección o restauración. En cambio, la expansión y control de estas formaciones ha representado la principal preocupación en otras partes del mundo (Blossey, 2003; Ludwig *et al.*, 2003), si bien están recibiendo atención creciente en Europa (Güsewell & Klötzli, 2000).

La bibliografía y documentación técnica sobre ambas facetas (protección y fomento como recurso o hábitat-seguimiento y control como invasora) es considerable, y escapa al objetivo del presente trabajo. Por todo ello se ha estructurado este apartado iniciándolo con una síntesis general de los enfoques aplicados al seguimiento y manejo de las formaciones de carrizal, centrada en evaluar la representación dentro de la misma del fenómeno estudiado (invasión y control en la red hidrográfica). Posteriormente se detallan los principales proyectos de actuación relativos a cuencas hidrográficas españolas que contienen algún indicador de coste/eficacia, y finalmente se exponen los antecedentes ambientales y geográficos disponibles sobre el canal del Reguerón propiamente dicho.



## **4.2 Bibliografía y documentación científico-técnica específica referida a la ecología, problemática y control del carrizo**

En la Península Ibérica el carrizo es una especie indígena, común en nuestros humedales y cauces, no existiendo hacia ella el interés y desarrollo técnico aplicado a la erradicación o control que focalizan otras especies de carácter exótico. Ni siquiera el control del carrizo en humedales es una actividad con raíces tan antiguas o profundas como lo ha sido en otros países de Europa, si bien en las últimas décadas aprovechando la experiencia de otras regiones mediterráneas, se han desarrollado diversas experiencias de manejo y seguimiento orientado a la mejora del hábitat y la biodiversidad (Fundación Global Nature, 2003; Peiró, 2006).

La investigación y experimentación sobre la gestión de carrizales normalmente va orientada a su manejo con el fin de incrementar la biodiversidad (Gryseels, 1989; Thompson & Shay, 1989; Ailstock *et al.*, 2001; Valkama *et al.*, 2008), y en el caso concreto de las aves -el grupo más valorado en los ecosistemas en los que se desarrollan-, a generar hábitats acuáticos o a mantener las proporciones adecuadas entre vegetación y agua libre (Weller, 1978; Kantrud, 1990).

En el ámbito de la red hidrográfica, en cambio, son relativamente escasas las referencias técnicas a medidas de control (Monteiro, 1999), pese a que se reconoce como una especie problemática en la red de drenaje (Ferreira *et al.*, 1998). El nuestro país normalmente el control de carrizo se subsume en actuaciones genéricas de “limpieza de cañas, carrizos y maleza”, dentro de las cuáles 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](http://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 menor medida aparecen referencias a la lucha contra el carrizo (*Phragmites australis*), aunque existe algunos trabajos en proceso de realización que han sido presentados a esta reunión. En los apartados siguientes se presentan algunas de las referencias encontradas que fueron incluidas en las sesiones plenarias que tuvieron lugar en este Congreso y que pueden servir como ejemplo a la hora de realizar tareas similares en otras zonas.

En consonancia con lo anterior, la búsqueda en bases de datos de bibliografía científico-técnica ha proporcionado 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 8 referencias con la clave de búsqueda *Phragmites australis*, de las cuales ninguna se refiere a su control. La misma búsqueda realizada sobre el descriptor “carrizo” produjo una relación más larga pero con abundantes referencias de ciencias agrarias, irrelevantes para el presente trabajo. Una vez filtrada, dicha relación se redujo a 15 referencias incluyendo todas las anteriores y sin que se incorporara ninguna relativa al control de la especie objetivo (ver apartado 9.2.1). Tampoco mejoró dicha búsqueda de publicaciones científicas españolas la consulta a la base de datos Dialnet (<http://dialnet.unirioja.es/>).

En el ámbito internacional, la consulta de la plataforma Web of Knowledge de Thomson Reuters, facilitada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (<http://www.fecyt.es>) permitió realizar búsquedas mediante combinaciones de términos que incluían *Phragmites australis* junto a control, gestión (*management*), e incluso métodos específicos como pastoreo (*grazing*), tanto en el título del trabajo como entre los descriptores (tópico). Los resultados fueron variados, refiriéndose en su mayoría a ambientes palustres y en menor medida a cursos o canalizaciones de agua (la búsqueda junto a *watercourses* o *canals* apenas incorporó nuevas referencias).

Esta plataforma proporciona además información estadística sobre el número de trabajos publicados sobre un tópico de búsqueda y las citas que reciben. Como ejemplo se presenta la Figura 13, que ilustra la distribución temporal de las 16 referencias que responden al criterio de búsqueda “*Phragmites australis*\*control”.

Utilizando los motores de búsqueda bibliográfica de las principales empresas editoras de revistas científicas (Science Direct-SciVerse, Springerlink, Wiley online), se ha ampliado ligeramente el número de referencias de publicaciones indexadas.

Finalmente, mediante la búsqueda en Google Scholar con diversas cadenas de términos, se ha completado la relación de artículos científicos de interés y se ha incorporado un número de recursos bibliográficos adicionales (informes técnicos y otra "literatura gris"). Dado que esta plataforma identifica básicamente artículos científicos, muchos de ellos ya habían sido incorporados por otros métodos de búsqueda.

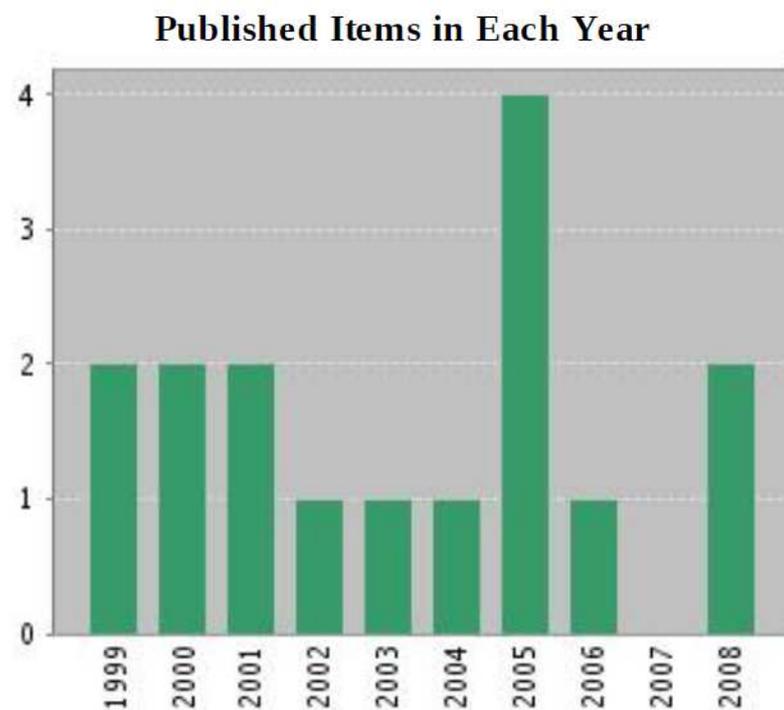


Figura 13. Distribución temporal de las referencias bibliográficas extraídas mediante búsqueda en la Web of Knowledge bajo el criterio "*Phragmites australis*\*control".

Como indicador del progreso realizado en este primer apartado de la recopilación de antecedentes, se dispone actualmente de 172 referencias exportadas de artículos publicados sobre *Phragmites* (sólo 2 más que en el anterior informe trimestral) tratando

los diferentes tópicos objeto de la búsqueda bibliográfica (ver apartado 9.2.2). A éstas hay que añadir la relación de otros recursos documentales en red (28 documentos; ap. 9.2.3). El resultado final son 200 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 “*Phragmites australis*”, no incluye 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 14 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 -incluyendo pastoreo); estudios referidos específicamente a la funcionalidad de la red hidrográfica e infraestructuras hidráulicas; estudios enfocados a la conservación de la biodiversidad; referencias al uso de *Phragmites* como recurso; y otros (miscelánea).

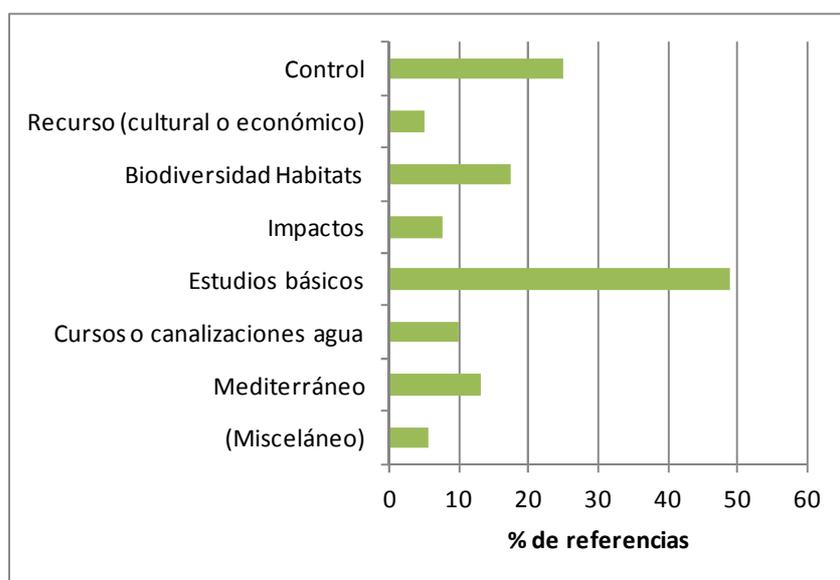


Figura 14. Referencias recopiladas por tópicos/ámbitos principales. Las clases no son excluyentes.



Hay que recordar que los recursos en internet sobre control de *Phragmites australis* allí donde se presenta como especie (o subespecie) invasora son ingentes, por lo que 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.

El análisis global de las referencias recopiladas (Figura 14) revela que sólo el 13% se refieren al ámbito mediterráneo y el 10% a cursos o canalizaciones de agua (un 8% en ambas categorías). La mayoría de las referencias (49%) se corresponden a estudios básicos sobre la fisiología, crecimiento y ecología del carrizo, y un 25% a son revisiones y evaluaciones de técnicas de control. La siguiente categoría en importancia es la de los trabajos relacionados con la biodiversidad de los carrizales y su propio valor como hábitat. De las categoría dominante (estudios básicos) hay que citar no obstante que muchos estudios obedecen a al interés aplicado al control o a la conservación de *Phragmites* como recurso o biotopo.

#### **4.3 Datos de tratamientos previos de control de carrizo o caña común en la conservación y mantenimiento de cauces de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS)**

Por lo que se refiere a la CHS, la búsqueda de antecedentes documentales se ha iniciado revisando las Memorias Anuales de este organismo 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. En estos trabajos no es posible diferenciar -por lo general-, entre los tratamientos dirigidos específicamente a la caña común y los relativos al carrizo, aunque en función de la localización de las actuaciones, cabe intuir la especie que ha sido objetivo prioritario de la actuación. Desde la Comisaría de Aguas de la CHS se ha facilitado al equipo investigador un breve informe sobre los costes de eliminación de estas dos especies invasoras en la Región de Murcia, que se refiere precisamente a cauces donde *Phragmites australis* es la especie predominante o exclusiva. El informe incluye tres actuaciones realizadas durante el año 2010 (cuatro, si se considera la realizada en el

propio cauce del Reguerón en el marco del presente proyecto), en las que se muestran los costes de eliminación de las especies problema en sendos cauces artificiales (ramblas canalizadas). A resaltar que el tratamiento no incluye en ningún caso la eliminación del rizoma, sino que se limita al corte y trituración de los tallos, dejando la parte aérea triturada en el terreno. A continuación se describen brevemente las tres actuaciones.

#### 4.3.1 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.

<b>Coste total :</b>	<b>Superficie:</b>	<b>Coste:</b>
13.727,66 €	12.994 m <sup>2</sup>	0,946 €/m <sup>2</sup>

#### 4.3.2 Limpieza de la Rambla del Albuñón

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

<b>Coste total :</b>	<b>Superficie:</b>	<b>Coste:</b>
14.987,97 €	97.169,85 m <sup>2</sup>	0,154 €/m <sup>2</sup>

#### 4.3.3 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, es bastante menor, se podría situar en torno al 50%.



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

#### **4.4 Datos referidos a otras cuencas hidrográficas del Estado o de otras áreas geográficas en los que la especie es objeto de control y/o seguimiento**

El mismo protocolo de búsqueda se ha aplicado a otras cuencas hidrográficas del Estado español. Aunque se han obtenido memorias técnicas y otra información documental relativa a dos de ellas (Júcar y Ebro), los proyectos correspondientes se orientan fundamentalmente al control de la caña común (*Arundo donax*). El control de *Phragmites* suele ser una actuación subordinada a la limpieza general de cauces, siendo raros los proyectos enfocados específicamente a esta planta.

Con respecto a los antecedentes técnicos de otras cuencas hidrográficas, se dispone de memorias técnicas y otra información documental relativa al menos a dos de ellas (Júcar y Ebro), correspondientes a los siguientes proyectos:

- 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 otras cuencas hidrográficas (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 (rebrotos), 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 ECOLOGICO 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 el estudio de la erradicación y control de la problemática presencia masiva *Arundo donax* en los cauces mediterráneos y, especialmente, en su 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.



#### **4.5 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**

En el proceso de búsqueda de antecedentes bibliográficos y documentales se ha obtenido alguna información relativa a las características biofísicas del Canal del Reguerón, que se presenta diferenciada de la recopilación a la que se refiere el apartado 4.2. Se refiere fundamentalmente a las características edafológicas y de vegetación. Aunque los trabajos de los que procede esta información también hacen referencia algunos parámetros fisicoquímicos del agua, por su antigüedad se consideran poco representativos. No así los relativos a suelos y vegetación de ribera, en los que no cabe esperar cambios sustanciales, al menos en la composición y estructura general de los mismos.

##### **4.5.1 Conocimiento de la vegetación**

Los antecedentes en cuanto al conocimiento de la vegetación de ribera se encuentran en el citado trabajo de Suárez *et al.* (1983), que incluye también una caracterización detallada de los tipos de usos e impactos (vertidos) que soportaba. Su descripción de la vegetación ya detectaba la mayor parte del cauce prácticamente cubierto por carrizo, con pequeños cañaverales (*Arundo donax* y *Arundo plinii*), manchas más o menos aisladas de *Typha dominguensis* y ejemplares aislados de *Juncus maritimus*, *J. articulatus*, *J. subulatus* y *Scirpus maritimus*. A partir de la desembocadura de la Acequia de la Alquibla aparecía una vegetación típica de malas hierbas, característica de bordes de cultivos, predominando *Coryza nevadensis* y *Plantago major*. Todo este sector, hasta la desembocadura, y en calvas más o menos grandes el resto del canal, se encontraba cubierto hasta el borde del canal de estiaje por un pastizal eutrófico de *Paspalum vaginatum* y *Cynodon dactylon*. El tramo inicial del canal, donde circulaban aguas residuales, se encontraba más libre de vegetación, con pies aislados de tarajes (se cita la especie *Tamarix gallica*) y plantas típicamente nitrófilas como *Polygonum persicaria* y *Zygophyllum fabago*. En el interior del canal de estiaje se situaban, tanto en la zona de aguas residuales como de riego, manchas de *Scirpus tabernaemontanii*. No aparecía vegetación abundante de macrófitos, tan solo algunas manchas de *Spyrogira* sp. y *Cladophora facta* en el sector con aguas de riego (tramo central).



#### 4.5.2 Caracterización edáfica

Los mapas del Proyecto LUCDEME (Alías y cols., 1986-1997)<sup>4</sup> 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 Canal del Reguerón. 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 muestra de coordenadas UTM:

x = 668.000; y = 4.206.000 (capa arable)

x = 667.250, y = 4.204.600 (perfil)

Estos datos se incluirán a posteriori como valores de referencia, para su posterior comparación con los resultados de los análisis realizados a las muestras obtenidas en el área de estudio.

---

<sup>4</sup> Hoja de Murcia (934)

## 5. RESULTADOS DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

### 5.1 Estado final de los tratamientos

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

En la tabla 2, junto con la combinación de tratamientos aplicados en cada parcela, cuya localización se refleja en las Figuras 11 y 12, se señala bajo el epígrafe “Estado/observaciones”, la verificación -mediante observación directa- de la situación final de los tratamientos:

Parcela	Tratamiento	Tramo	Ejecución	Estado/ observaciones
RG35	Pata Cabra + Paja + Adobe	1	Inicial	Bueno
RG32	Vertedera + Paja + Adobe	1	Inicial	Bueno
RG29	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	1	Inicial	Bueno
RG33	Pata Cabra + Colchón Coco	1	Inicial	Bueno
RG25	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	1	Inicial	Bueno
RG26	Retirada manual rizoma + Manta Esparto	1	Inicial	Bueno
RG34	Pata Cabra + Manta Esparto	1	Inicial	Bueno
RG28	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	1	Inicial	Bueno
RG24	Aditivos	1	Inicial	Bueno
RG23	Aditivos	1	Inicial	Bueno
RG22	Aditivos	1	Inicial	Bueno
RG21	Aditivos + Sin Desbroce	1	Inicial	Bueno
RG27	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	1	Inicial	Bueno
RG30	Vertedera + Colchón Coco	1	Inicial	Bueno
RG31	Vertedera + Manta Esparto	1	Inicial	Bueno
RG55	Pata Cabra + Paja + Adobe	2	Inicial	Bueno
RG52	Vertedera + Paja + Adobe	2	Inicial	Bueno
RG49	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	2	Inicial	Bueno
RG53	Pata Cabra + Colchón Coco	2	Inicial	Bueno
RG45	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	2	Inicial	Bueno
RG46	Retirada manual rizoma + Manta Esparto	2	Inicial	Bueno
RG41	Aditivos + Sin Desbroce	2	Inicial	Bueno
RG42	Aditivos	2	Inicial	Bueno
RG43	Aditivos	2	Inicial	Bueno
RG44	Aditivos	2	Inicial	Bueno
RG54	Pata Cabra + Manta Esparto	2	Aplazada	Bueno

Parcela	Tratamiento	Tramo	Ejecución	Estado/ observaciones
RG48	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	2	Aplazada	Bueno
RG47	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	2	Aplazada	Bueno
RG50	Vertedera + Colchón Coco	2	Aplazada	Bueno
RG51	Vertedera + Manta Esparto	2	Aplazada	Bueno
RG75	Pata Cabra + Adobe	3	Aplazada	Bueno
RG72	Vertedera + Adobe	3	Aplazada	Bueno
RG69	Ripper + Rotovator + Adobe	3	Aplazada	Bueno
RG73	Pata Cabra + Colchón Coco	3	Aplazada	Bueno
RG65	Retirada manual rizoma + Colchón Coco	3	Aplazada	Bueno
RG66	Retirada man rizoma + Manta Esparto	3	Aplazada	Bueno
RG74	Pata Cabra + Manta Esparto	3	Aplazada	Bueno
RG68	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	3	Aplazada	Bueno
RG67	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	3	Aplazada	Bueno
RG60	Vertedera + Colchón Coco	3	Aplazada	Bueno
RG71	Vertedera + Manta Esparto	3	Aplazada	Bueno
RG64	Aditivos	3	Aplazada	Bueno
RG63	Aditivos	3	Aplazada	Bueno
RG62	Aditivos	3	Aplazada	Bueno
RG61	Aditivos + Sin Desbroce	3	Aplazada	Bueno

Tabla 2. Metodología de control aplicada en cada parcela y estado de la misma al final del periodo cubierto por el presente informe.

El chequeo de las actuaciones indica que no se han producido en ninguna de las parcelas, alteraciones o incidencias no previstas, que pudieran afectar a la eficacia de los tratamientos (y por lo tanto al diseño del experimento). No obstante, el análisis de los resultados tendrá en cuenta el desfase con el que se han aplicado los tratamientos en los dos sectores de actuación.

Como Anexo 13 se presentan individualizados los datos básicos relativos a la situación inicial y final de cada una de las parcelas, incluyendo la información recogida durante el muestreo de caracterización inicial, así como la información particular sobre su evolución, incidencias registradas (documentadas fotográficamente).

## 5.2 Resultados del muestreo de vegetación

### 5.2.1 Respuesta general de la densidad de *Phragmites australis* a los tratamientos aplicados

La densidad media mensual, calculada para cada parcela a partir de las muestras de vegetación obtenidas, se refleja los Anexos 2 y 3 (las fichas con los resultados originales de los muestreos de campo han sido incluidas como Anexo en los respectivos informes mensuales). Globalmente existen diferencias significativas en la densidad de tallos que se registra tras los primeros ocho meses (septiembre 2010), tanto entre tratamientos del rizoma (Figura 15) como entre tipo de recubrimientos y entre combinaciones de ambos (Test de Kruskal-Wallis,  $p < 0,001$  en todos los casos; Figura 16).

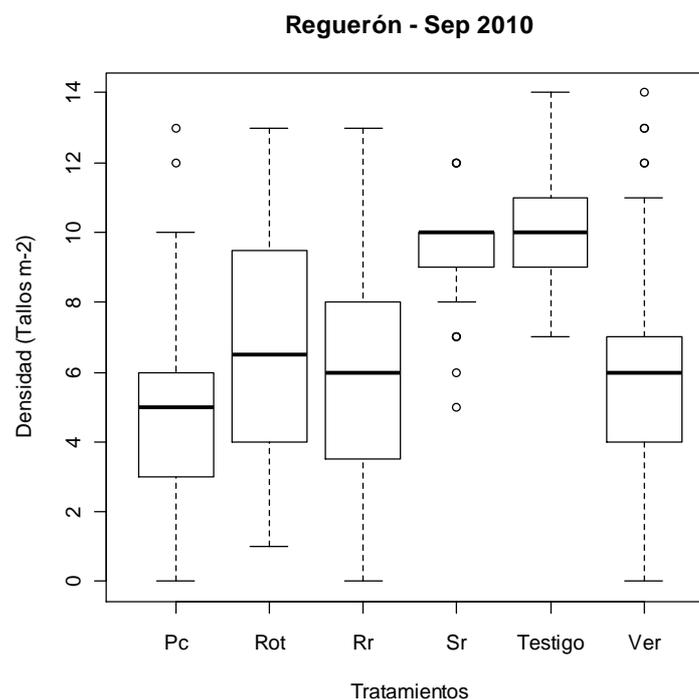


Figura 15. Diferencias globales de densidad de carrizo por tipo de tratamiento mecánico (Pc=Patacabra; Rot=Ripper+Rotovator; Rr=Retirada rizoma; Sr=Sin retirada; Ver=Vertedera). Datos del seguimiento preliminar realizado durante 2010.

En cuanto a los once meses cubiertos por el seguimiento propiamente dicho (febrero-diciembre de 2011), no existen diferencias significativas en la densidad de tallos,

tanto entre tratamientos del rizoma como entre tipo de recubrimientos y entre combinaciones de ambos (Figura 16).

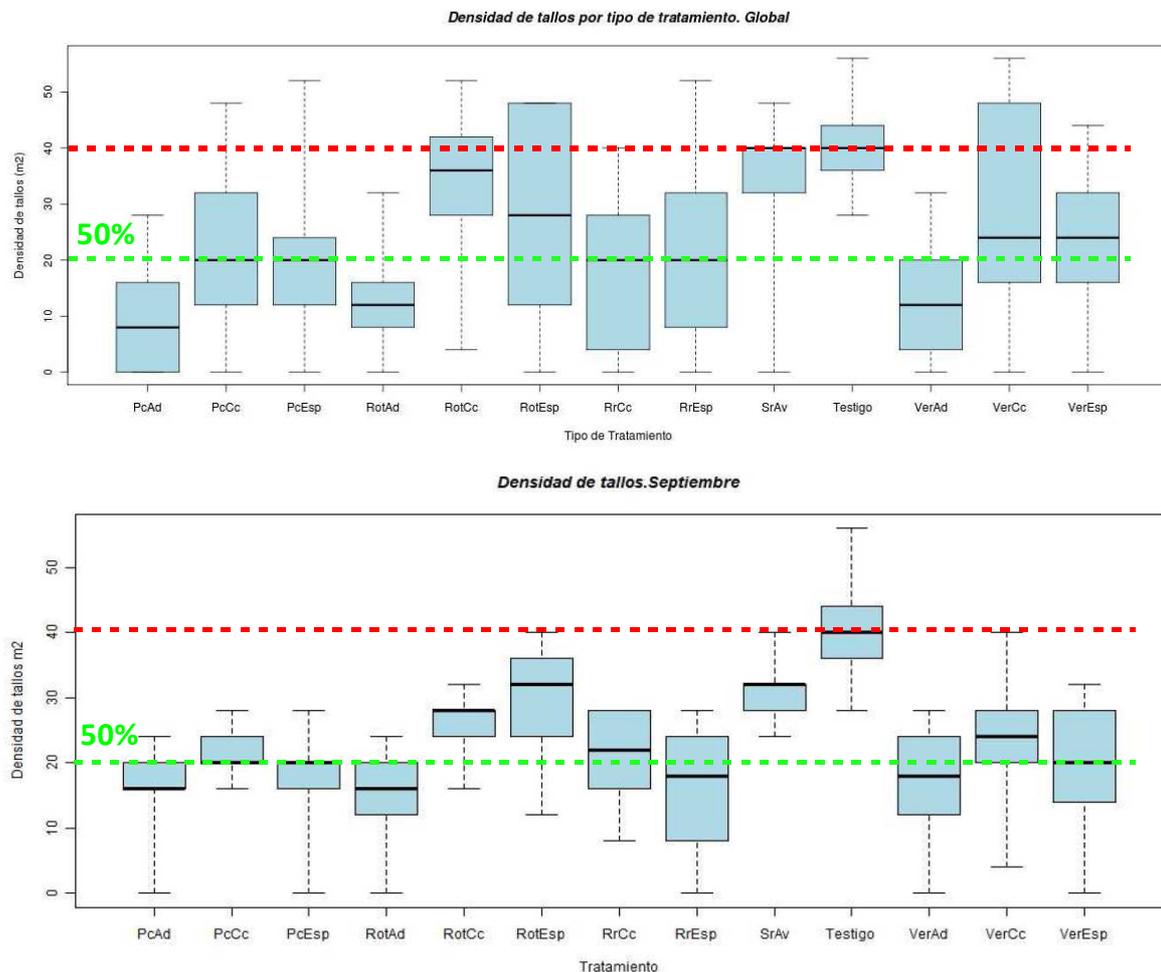


Figura 16. Diferencias globales de densidad de carrizo entre combinaciones de tratamientos químicos, mecánicos y recubrimientos en septiembre de 2010 (arriba) y en el mismo mes de 2011 (abajo). Av=Aditivos; Pc=Patacabra; Rot=Ripper+Rotovator; Rr=Retirada rizoma; Ver=Vertedera; Sr= sin retirada; Esp=manta de esparto; Ad=adobe+paja; Cc=colchón de coco. Se señala el valor de la densidad media en las parcelas testigo y el 50% de dicho valor.

Las figuras 17 a 19 (presentadas a la Jornada a la que se hace referencia en el apartado 7.2) muestran el efecto medio sobre la densidad de carrizo de los diferentes tratamientos del rizoma y recubrimientos, así como las diferencias entre periodos. En las dos últimas figuras, la representación agregada oculta las diferencias derivadas del desfase temporal en la aplicación de los tratamientos. No obstante resultan ilustrativas de los patrones de pérdida de efectividad que se traducen en una convergencia de las respectivas curvas al final del periodo de muestreo. La eficacia media de todos los

tratamientos del rizoma (21-23%) y tipos de revestimiento (19-27%), considerados individualmente, supera a la lograda mediante la aplicación de aditivos (12%).

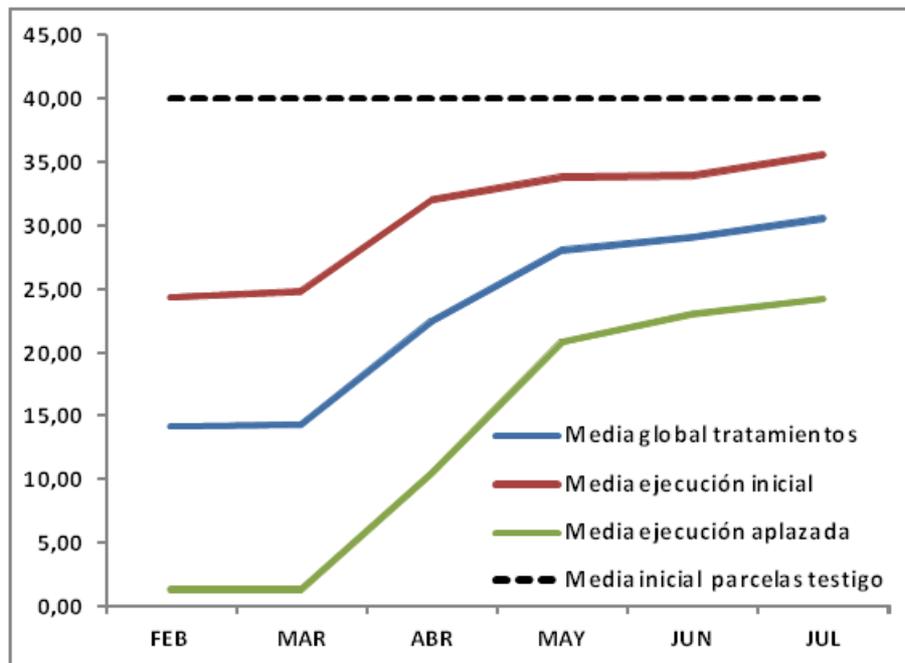


Figura 17. Evolución de los valores medios de densidad calculados sobre el conjunto de los tratamientos globalmente y para cada uno de los periodos de ejecución, entre febrero y julio de 2011.

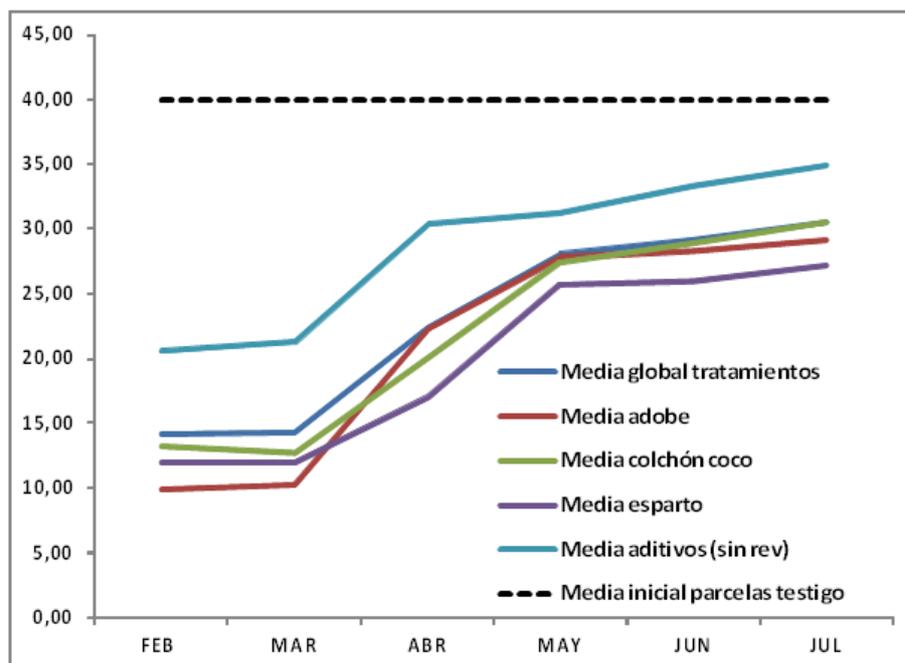


Figura 18. Evolución de los valores medios de densidad calculados sobre el conjunto de los tratamientos globalmente y para cada tipo de revestimiento, entre febrero y julio de 2011.

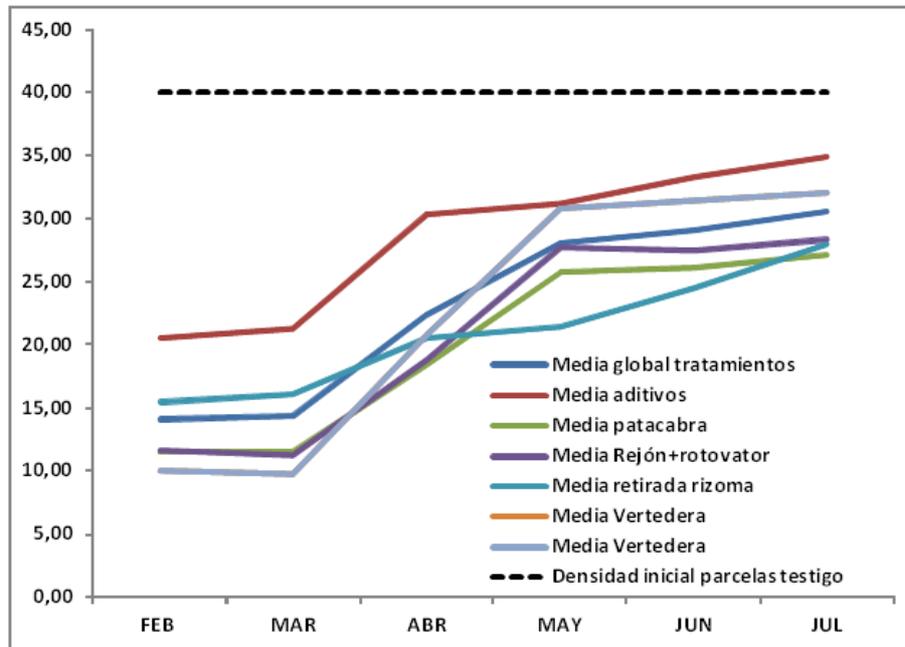


Figura 19. Evolución de los valores medios de densidad calculados sobre el conjunto de los tratamientos globalmente y para cada tipo de revestimiento, entre febrero y julio de 2011.

Las diferencias globales entre tratamientos se desvanecen cuando se consideran estadíos avanzados de recuperación de *Phragmites*. Así, en julio de 2011 (datos presentados a la Jornada de exposición de resultados, apartado 7.2), no existen diferencias significativas entre tratamientos del rizoma ni revestimientos considerando el conjunto de los datos (Test de KRUSKAL-WALLIS ,  $p > 0,1$  en ambos casos).

En las Figuras 20 y 21 se muestra la variación de la densidad media por combinación de tratamientos, en este caso calculada por separado para las parcelas incluidas en los tramos 1 y 2 (tratadas en enero-febrero 2010) y las del tramo 3 y parte del 2 (ejecutadas en noviembre-diciembre de ese mismo año). Las segundas reflejan la evolución temprana de las zonas tratadas, mientras que las primeras corresponden a una etapa más avanzada de la recuperación post-tratamiento de *Phragmites*.



Figura 20. Variación de la densidad media de carrizo (tallos/m<sup>2</sup>) en las parcelas incluidas los tramos 1 y 2 (tratadas en enero-febrero 2010). De arriba abajo: Pc=Patacabra; Ver=Vertedera; Rot=Rotovator; Rr=Retirada rizoma. En cada caso se combinan con distintos tipos de recubrimiento (Ad=Adobe; Cc=Colchón de coco; Esp=Esparto); Av=Aditivos (sin retirada). El punto etiquetado como "Testigo" corresponde a las muestras tomadas en parcelas de la margen opuesta no sometidas a ninguno de los tratamientos (igual para todos los meses), y representa la situación de máximo desarrollo potencial de la densidad de carrizo.



En general, se observa cómo transcurridos 21 meses desde los tratamientos iniciales, sólo en algunos se aprecia algún efecto manteniendo la densidad del carrizo en valores inferiores al máximo registrado en las parcelas testigo ( $40 \text{ tallos/m}^2$ ), mientras que en otros claramente se alcanza una densidad equivalente o incluso ligeramente superior. El bloque de tratamientos que incluyen retirada de rizoma son los que en conjunto mantienen una reducción más uniforme, que con independencia del tipo de revestimiento (esparto o colchón de coco) converge en diciembre en una densidad media de  $34 \text{ t/m}^2$ . Los tratamientos con patacabra y ripper+rotovator mantienen en ese mes densidades de entre  $33\text{-}40 \text{ t/m}^2$  pero con mayor variabilidad, y los de vertedera son claramente los menos eficaces superando claramente en dos de tres combinaciones el valor testigo. En una situación intermedia se sitúan los tratamientos con aditivos, inicialmente los menos eficaces en el control del carrizo, que rozan una densidad media de  $37 \text{ t/m}^2$  al final del periodo de seguimiento.

En las parcelas de tratamiento más reciente (Figura 21), el patrón es bastante similar en todas las combinaciones de tratamientos, con un incremento al final del primer trimestre, seguido de un aumento gradual durante los meses primaverales y estivales que sitúa la densidad media en valores que empiezan a superar el 50% de la densidad de las parcelas testigo (indicado en la figura mediante una línea horizontal discontinua).

Los tratamientos que más se apartan, por encima, de este valor intermedio, son los que combinan rotovator+esparto/coco (máximo  $27\text{-}30 \text{ tallos/m}^2$  en septiembre-octubre, seguido de una estabilización), y los que incluyen únicamente aditivos ( $32\text{-}33 \text{ tallos/m}^2$  en esos mismos meses, y aumentando incluso aunque moderadamente después). En el extremo opuesto, como tratamientos más eficaces se sitúan los que combinan rotovator+adobe o colchón de coco y patacabra+colchón de coco.

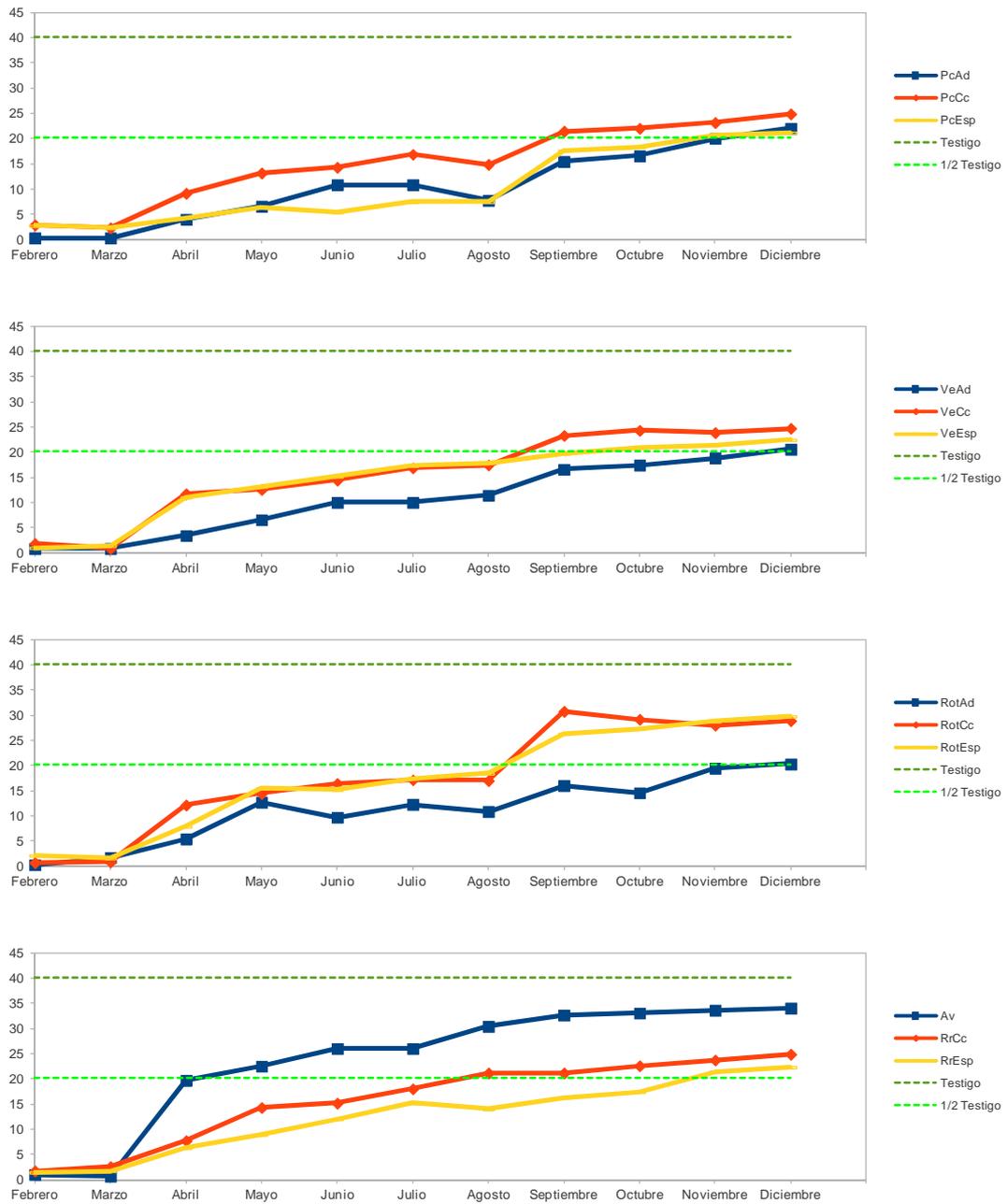


Figura 21. Variación de la densidad media de carrizo (tallos/m<sup>2</sup>) en las parcelas incluidas en los tramos 2 y 3 (tratadas en noviembre-diciembre de 2010). Abreviaturas como en la figura 3. La línea roja discontinua corresponde a la mitad de la densidad máxima de las parcelas testigo (no tratadas).



### 5.2.2 Variación espacial y temporal de la respuesta de *Phragmites australis*

La evolución, a lo largo del periodo de estudio, en cada una de las combinaciones de tratamientos aplicados, ha podido seguirse en algunos (los ejecutados inicialmente) durante un periodo de 21 meses (17 muestreos), mientras que en los aplazados sólo se dispone de los últimos 11 meses muestreados. Esto permite evaluar la eficacia en el control del carrizo en diferentes momentos post-tratamiento. Cabe indicar que en ningún caso se pudo seguir el efecto de los tratamientos antes de dos meses a partir de su aplicación.

Se ha evaluado la eficacia en el mes de julio para poder comparar la eficacia a 6 meses del tratamiento entre los dos grupos de parcelas que se ejecutaron con aproximadamente un año de desfase en el tiempo (y también espacialmente segregados), en un momento en que de acuerdo con Ruiz & Velasco (2010) *Phragmites australis* alcanza su máxima biomasa aérea en áreas afines.

En las figuras 22 a 27 se muestra la evolución de la densidad media individualizada por parcela, con lo que se obtiene una idea de la variabilidad interna en la eficacia alcanzada dentro de una misma combinación de tratamientos. Esta variabilidad es muy notoria en las parcelas tratadas con aditivos durante los primeros 8 meses posteriores a la aplicación.

#### Aditivos

En la figura 22, que representa conjuntamente todas las parcelas tratadas con aditivos (previo desbroce) se aprecia como a los dos meses del tratamiento en algunos casos no se logra ningún efecto (densidad = testigo), en otras la densidad se recupera rápidamente desde valores muy diversos, y en algunas cae al mínimo a los 4-6 meses tras la aplicación del producto.



Si se compara la eficacia intermedia (+6 meses = febrero->julio 2010) y final (+20 meses; ->julio 2011) entre parcelas (Tabla 3), se observa una situación radicalmente diferente entre el conjunto de tratamientos iniciales (que mantiene eficacias bajas tanto primer como en el segundo ciclo anual, manteniéndola respectivamente en torno a un 11,2 y 8,5% de reducción de la densidad testigo), y el de los aplazados, cuya eficacia ronda el 70% a los 6 meses de su ejecución. Estas diferencias parecen independientes del tipo de aditivo empleado y de la realización o no de un desbroce previo (aunque el tamaño de muestra es insuficiente para afirmarlo).

También cabe destacar que, en conjunto, las dos modalidades de aplicación (previo desbroce o sin éste) no difieren claramente en su eficacia en la primera evaluación (33,9 vs 28,8 % de reducción), ni tampoco en la segunda (9,1 vs 6,6%). No existe, en cualquier caso, un patrón claro de variación de la eficacia en el tiempo, con tratamientos muy ineficaces a corto plazo y algo más a medio plazo, otros que mantienen su eficacia o la ven moderadamente aumentada, y otros que la pierden totalmente. Sí se observa en muchos casos una eficacia inmediata alta que se pierde rápidamente a lo largo de los primeros meses.

En cuanto a la variación espacial es de destacar la alta eficacia que exhiben las parcelas de los tramos aplazados, lo que sugiere que el sector del cauce que contiene estas parcelas podría presentar características intrínsecas que favorecieran dicha eficacia, o que las condiciones ambientales experimentadas a finales de 2010 habrían favorecido la efectividad de los tratamientos. En la bibliografía normalmente se recomienda la aplicación de herbicidas a principios del otoño (Marks *et al.*, 1993), lo que podría explicar que la aplicación más temprana (noviembre-diciembre frente a enero-febrero) favoreciera una mayor eficacia. No obstante, Moreira *et al.* (1993) no detectan diferencias entre aplicaciones otoñales y primaverales en la eficacia de control a 6 meses de la aplicación. En cuanto al corte previo de la biomasa aérea, debería favorecer la eficacia de los tratamientos químicos (Moreira *et al.*, 1993; Monteiro *et al.*, 1999), pudiendo explicar las ligeras diferencias observadas.

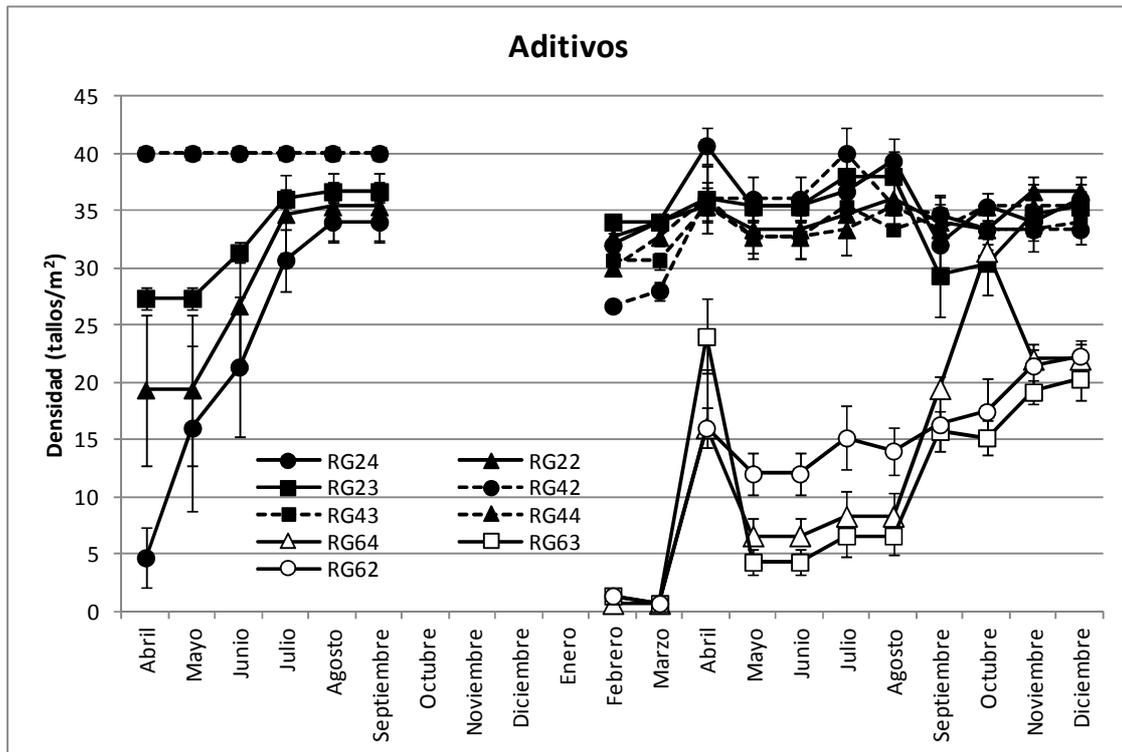


Figura 22. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas tratadas con aditivos (herbicidas) previo desbroce.

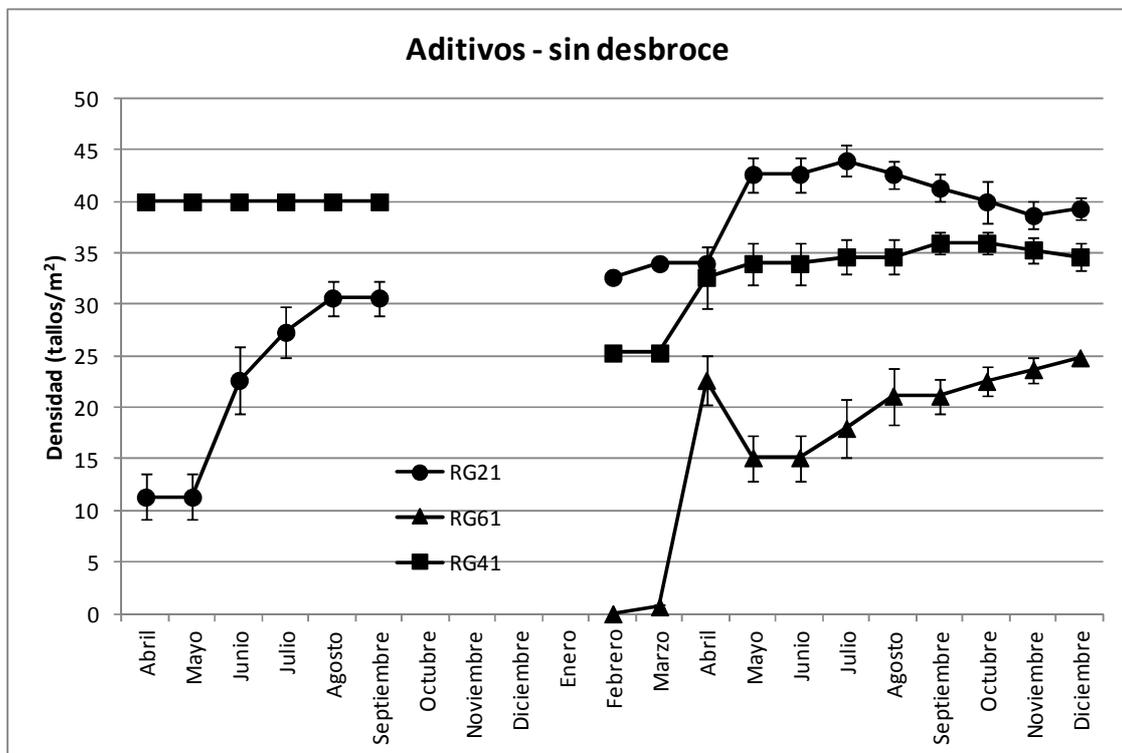


Figura 23. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas tratadas con aditivos (herbicidas) sin desbroce previo.



Parcela	Tratamiento	Ejecución	Eficacia % +6	Eficacia % + 18
RG24	Aditivos (Cihalofob-b)	Inicial	23,33	8,33
RG23	Aditivos (Azimsulfuron)	Inicial	10,00	5,00
RG22	Aditivos (Glifosato)	Inicial	13,33	13,33
RG42	Aditivos (Glifosato)	Inicial	0,00	0,00
RG43	Aditivos (Azimsulfuron)	Inicial	0,00	11,67
RG44	Aditivos (Cihalofob-b)	Inicial	SD	16,67
RG21	Aditivos + Sin Desbroce (GI)	Inicial	31,67	0,00
RG41	Aditivos + Sin Desbroce (GI)	Inicial	0,00	13,33
RG64	Aditivos (Cihalofob-b)	Aplazada	79,29	
RG63	Aditivos (Azimsulfuron)	Aplazada	83,57	
RG62	Aditivos (Glifosato)	Aplazada	62,14	
RG61	Aditivos + Sin Desbroce (GI)	Aplazada	55,00	
	Media aditivos (global)		32,58	8,54
	Media aditivos (con desbroce)		33,96	9,17
	Media aditivos (sin desbroce)		28,89	6,67
	Media aditivos (ejecución inicial)		11,19	8,54
	Media aditivos (ejecución aplazada)		70,00	

Tabla 3. Variación temporal de la eficacia media por parcela y combinación de tratamientos que incluyen la aplicación de aditivos (herbicidas) en los dos momentos considerados (t+6 y t+18 meses desde su aplicación).



## Pata cabra

La eficacia media de este tipo de tratamiento mecánico a los 6 meses es bastante similar entre revestimientos y periodos de aplicación (en torno al 50% de reducción con respecto a la densidad testigo). En la primera evaluación sólo las parcelas revestidas con adobe+paja superan a las otras combinaciones (rozando el 60%), si bien también son las que más eficacia pierden al cabo de un año, cayendo al 5% frente al 17-21% que retienen las restantes (Tabla 4). Tanto la mayor eficacia inicial como la pérdida de efectividad posterior tienen que ver con la naturaleza de dicho material de revestimiento que imposibilita la emergencia de tallos pero parece algo más fácil de recolonizar a través de una combinación de la emergencia a través de grietas y fracturas, y de la extensión de estolones reptantes desde los bordes de las parcelas.

En cuanto al patrón de variación de la densidad de tallos, resulta bastante similar entre parcelas en cuanto a la forma de las curvas, aunque su origen puede variar considerablemente. Así, RG55, 73, 75, 74 y 54 parten de valores muy bajos (<5 tallos/m<sup>2</sup>) y el resto de densidades intermedias (10-20 t/m<sup>2</sup>). Los primeros no suelen mantenerse más de 3 meses, subiendo luego hasta valores normalmente medios. Con los segundos pasa algo parecido alcanzando en julio valores relativamente altos. La densidad máxima alcanzada durante el primer ciclo anual, o una ligeramente inferior suele representar el valor de partida al inicio del siguiente.

En la bibliografía son escasas las referencias a la eficacia de distintos tipos de laboreo en el control de *Phragmites*, aunque normalmente se citan métodos de control mecánico de diferente intensidad conforme al tipo de maquinaria y profundidad del sustrato afectada (Cross & Fleming, 1989; Marks *et al.*, 1993; Kiviat, 2010). No obstante, por lo general se desaconsejan los distintos sistemas de arado o arranque frente a la retirada del rizoma -con o sin sustrato- que debe ser cuidadosa para no dejar partes vegetativas viables (Marks *et al.*, 1993).

Más escasas son las referencias a revestimientos físicos, de hecho únicamente se identifica el recubrimiento con plástico con efecto solarizador (Norris *et al.*, 2002; Kiviat, 2010). Por otra parte, el control de la vegetación por sombreado ha sido criticado con frecuencia por su ineficacia sobre grandes superficies (Standish, 2002).

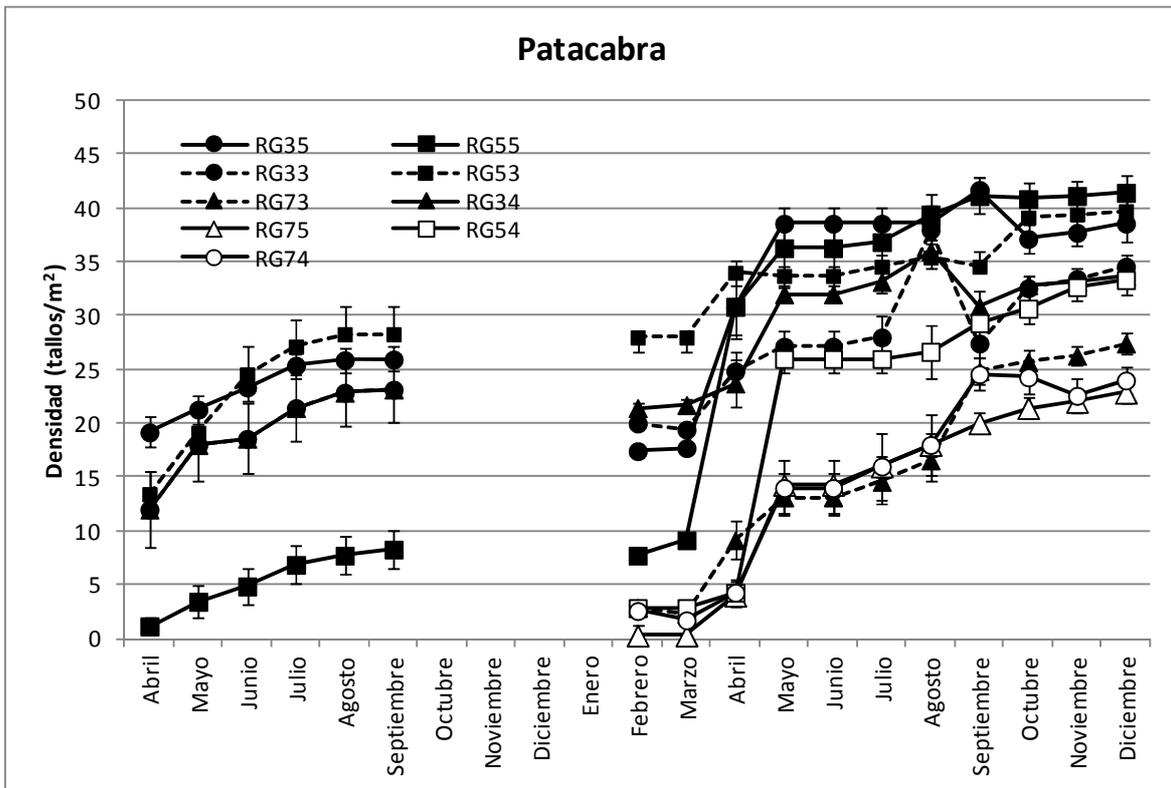


Figura 24. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas tratadas con patacabra.



Parcela	Tratamiento	Ejecución	Eficacia % +6	Eficacia % + 18
RG35	Pata Cabra + Paja + Adobe	Inicial	36,57	3,57
RG55	Pata Cabra + Paja + Adobe	Inicial	82,86	7,86
RG34	Pata Cabra + Manta Esparto	Inicial	46,43	17,14
RG33	Pata Cabra + Colchón Coco	Inicial	46,43	30,00
RG53	Pata Cabra + Colchón Coco	Inicial	32,14	13,57
RG73	Pata Cabra + Colchón Coco	Aplazada	63,57	
RG75	Pata Cabra + Adobe	Aplazada	60,00	
RG54	Pata Cabra + Manta Esparto	Aplazada	35,00	
RG74	Pata Cabra + Manta Esparto	Aplazada	60,00	
	Media patacabra (global)		51,44	14,43
	Media patacabra (+Adobe+paja)		59,81	5,72
	Media patacabra (+Manta esparto)		47,14	17,14
	Media patacabra (+Colchón coco)		47,38	21,79
	Media patacabra (ejecución inicial)		48,89	14,43
	Media patacabra (ejecución aplazada)		54,64	

Tabla 4. Variación temporal de la eficacia media por parcela y combinación de tratamientos que incluyen patacabra, en los dos momentos considerados (t+6 y t+18 meses desde su aplicación).

## Vertedera

Las parcelas tratadas con vertedera muestran un patrón de evolución muy similar a las de patacabra (Tabla 5). Algunas muestran una eficacia claramente superior (<5 tallos/m<sup>2</sup>) pero poco persistente (2-3 meses), aunque normalmente luego se mantienen en valores intermedios o incluso bajos. En los muestreos bianuales los valores iniciales del segundo año se corresponden de forma bastante ajustada con los precedentes de septiembre, si bien muy pronto (abril-mayo) se disparan a valores cercanos a la densidad testigo.

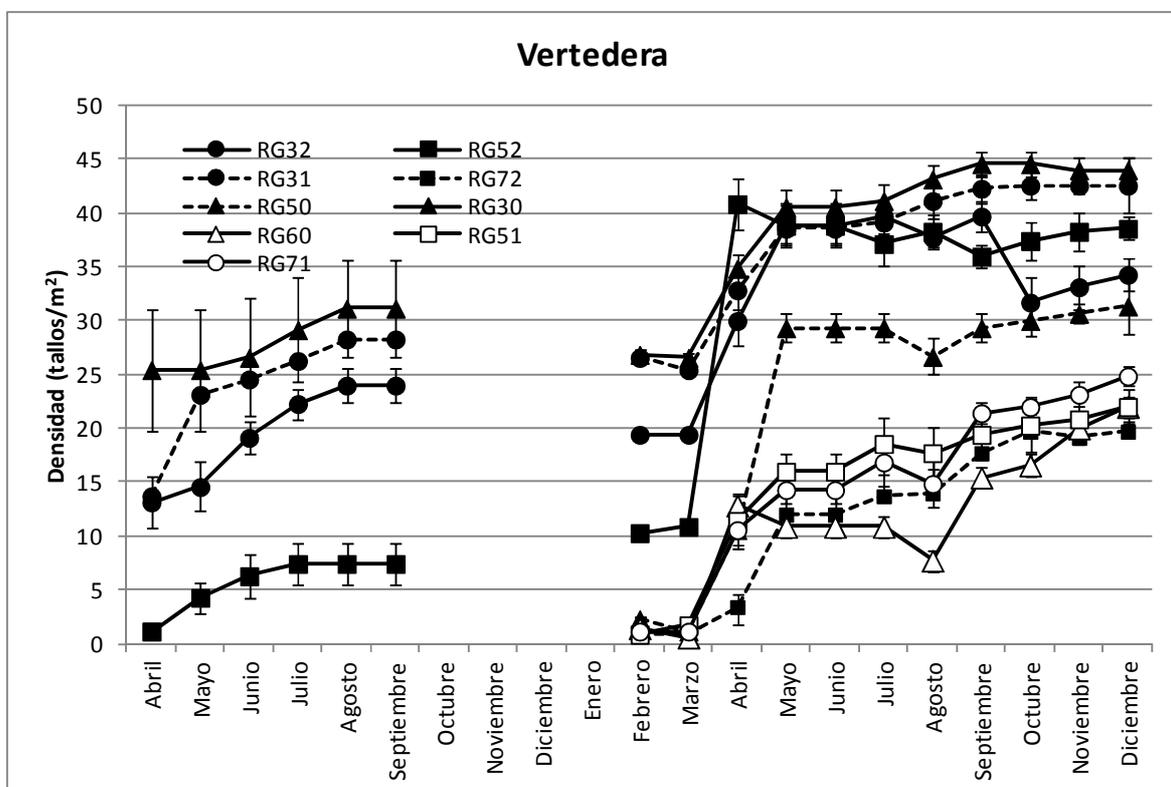


Figura 25. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas tratadas con vertedera.

De hecho, la principal diferencia entre este bloque de tratamientos y el anterior es la acentuada pérdida de efectividad que se observa en la segunda evaluación (+18 meses). Sólo en un caso (revestimiento con adobe+paja) se supera el 3% de reducción frente al valor testigo. Aunque en general el arado se considera una técnica aplicable al control de *Phragmites* en ambientes no encharcados, se recomienda no hacerlo entre el final del invierno y la mitad del verano para evitar estimular la regeneración de brotes incrementando la densidad de tallos (Cross & Fleming, 1989).



Parcela	Tratamiento	Ejecución	Eficacia % +6	Eficacia % + 18
RG32	Vertedera + Paja + Adobe	Inicial	44,29	0,72
RG52	Vertedera + Paja + Adobe	Inicial	81,43	7,14
RG30	Vertedera + Colchón Coco	Inicial	27,14	-2,86
RG31	Vertedera + Manta Esparto	Inicial	34,29	2,14
RG72	Vertedera + Paja + Adobe	Aplazada	65,72	
RG50	Vertedera + Colchón Coco	Aplazada	26,67	
RG60	Vertedera + Colchón Coco	Aplazada	72,86	
RG51	Vertedera + Manta Esparto	Aplazada	53,57	
RG71	Vertedera + Manta Esparto	Aplazada	57,86	
	Media vertedera (global)		51,53	1,79
	Media vertedera (+Adobe+paja)		63,81	3,93
	Media vertedera (+Manta esparto)		48,57	2,14
	Media vertedera (+Colchón coco)		42,22	-2,86
	Media vertedera (ejecución inicial)		46,79	1,79
	Media vertedera (ejecución aplazada)		55,33	

Tabla 5. Variación temporal de la eficacia media por parcela y combinación de tratamientos que incluyen vertedera, en los dos momentos considerados (t+6 y t+18 meses desde su aplicación).



## Ripper + Rotovator

Como en el caso anterior, las combinaciones de este tratamiento con diferentes revestimientos tienen eficacia inicial variable y trayectorias que pueden ser de aumento gradual o abrupto en los 2-5 meses siguientes a la aplicación (Tabla 6). Es notoria la alta eficacia inicial de todas las parcelas aplazadas ( $< 5$  tallos/m<sup>2</sup> durante febrero-marzo) que luego se eleva hacia valores intermedios o altos. En las parcelas cuyo seguimiento abarca los dos años, las curvas nacen ligeramente por debajo del último registro de 2010 pero salvo en un caso no se estabilizan en esos valores sino que aumentan, aunque rara vez alcanzan o superan el valor testigo. Como consecuencia, la eficacia en la segunda evaluación (+18) es más apreciable que en las parcelas tratadas con vertedera (15% de reducción en promedio), aunque muy variable, siendo máxima en las parcelas revestidas con adobe+paja (24,29%) y ausente en las cubiertas con colchón de coco. Hay que señalar en cualquier caso que desde julio hasta diciembre sigue incrementándose la densidad en estas parcelas, aún cuando en noviembre-diciembre el carrizo experimenta la senescencia de la parte aérea (Ruiz & Velasco, 2010). Esto implica que al final del seguimiento prácticamente se desvanecen las diferencias entre los tratamientos mecánicos analizados hasta el momento.

La eficacia en el primer mes de julio alcanza globalmente el 43% y muestra en este momento menos diferencias entre revestimientos. Entre periodos, es claramente mayor en las parcelas aplazadas -donde supera 50%- que en las iniciales, en las que sólo roza el 30% de reducción. La mayor eficacia final de este tipo de laboreo frente al arado con vertedera podría radicar en la fragmentación del rizoma hasta tamaños demasiado pequeños para ser viables (Cross & Fleming, 1989).

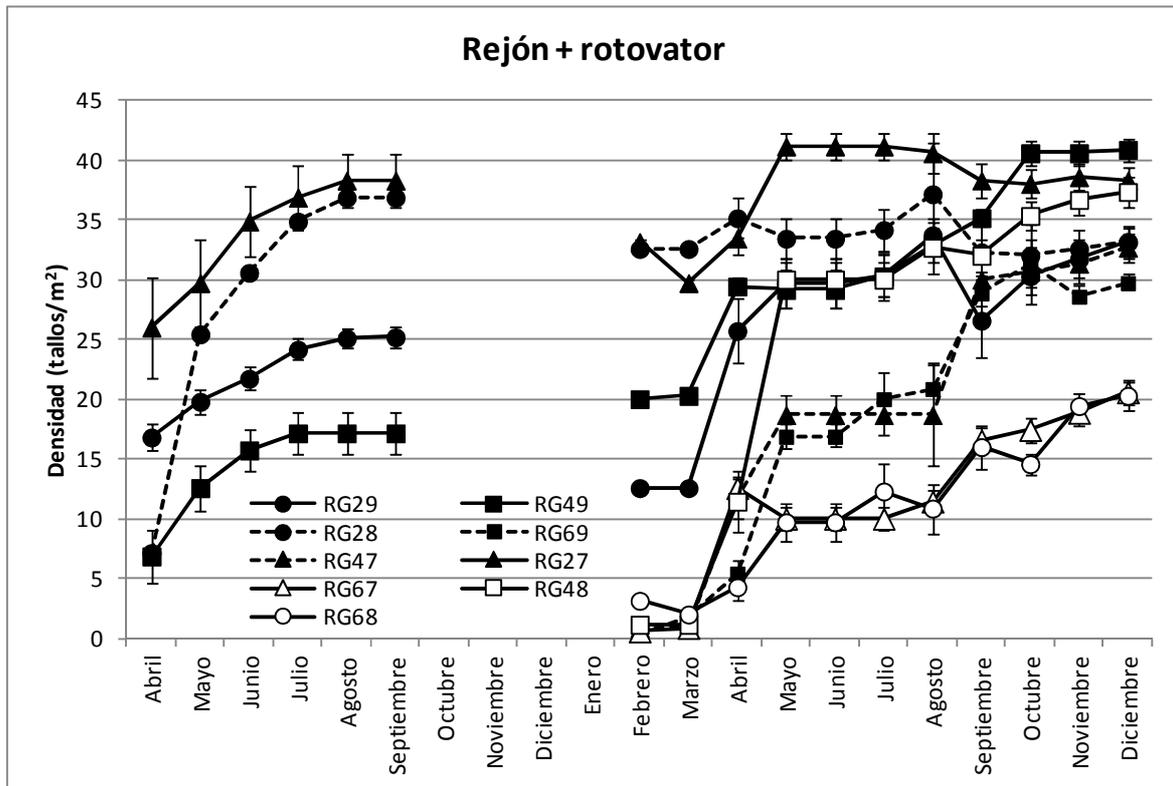


Figura 26. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas que tratadas con Ripper+rotovator.

Parcela	Tratamiento	Ejecución	Eficacia % +6	Eficacia % + 18
RG29	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	Inicial	39,64	24,29
RG49	Ripper + Rotovator + Paja + Adobe	Inicial	57,14	24,29
RG27	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	Inicial	7,86	-2,86
RG28	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	Inicial	12,86	14,62
RG69	Ripper + Rotovator + Adobe	Aplazada	50,00	24,29
RG47	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	Aplazada	53,33	
RG67	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	Aplazada	75,00	
RG48	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	Aplazada	25,00	
RG68	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	Aplazada	69,29	
	Media Ripper+rotovator (global)		43,35	15,08
	Media Ripper+rotovator (+Adobe+paja)		48,93	24,29
	Media Ripper+rotovator (+Manta esparto)		35,71	14,62
	Media Ripper+rotovator (+Colchón coco)		45,40	-2,86
	Media Ripper+rotovator (ejecución inicial)		29,38	15,08
	Media Ripper+rotovator (ejecución aplazada)		54,52	

Tabla 6. Variación temporal de la eficacia media por parcela y combinación de tratamientos con Ripper+rotovator, en los dos momentos considerados (t+6 y t+18 meses desde su aplicación).

### Retirada manual del rizoma

Finalmente, la retirada de rizoma (Tabla 7) se diferencia poco de los tratamientos mecánicos precedentes en la evolución de las distintas parcelas, salvo en una mayor eficacia a largo plazo (casi 20% de reducción a los 18 meses), que además se estabiliza en valores siempre inferiores a los de las parcelas testigo. A los 6 meses, tanto los tratamientos iniciales como los aplazados logran en promedio una reducción del 50% de la densidad máxima. Este valor medio es el resultado de trayectorias variables, unas que parten de valores bajos (<10 tallos/m<sup>2</sup>) o muy bajos (<5 tallos/m<sup>2</sup>), y otras desde valores medios alcanzados ya a 2 meses del tratamiento; a éstas siguen aumentos graduales o abruptos. Es de destacar que entre las parcelas tratadas en 2010, la respuesta es característica de cada tramo (la evolución de RG25 y 26, del tramo 1 son idénticas, al igual que las de RG45 y 46 que son del tramo 2).

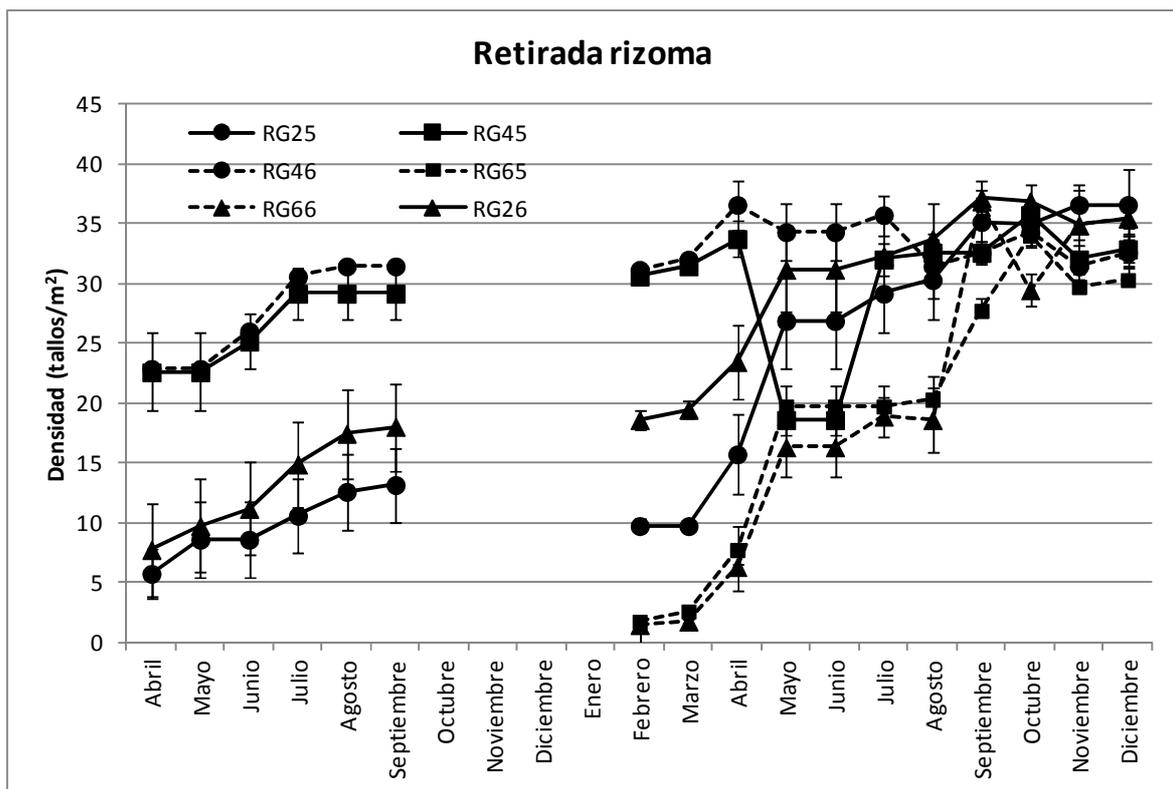


Figura 27. Variación de la densidad media de carrizo en las parcelas que han sido objeto de retirada del rizoma.

Parcela	Tratamiento	Ejecución	Eficacia % +6	Eficacia % + 18
RG25	Ret man rizoma + Colchón Coco	Inicial	73,57	27,14
RG45	Ret man rizoma + Colchón Coco	Inicial	27,14	20,00
RG26	Ret man rizoma + Manta Esparto	Inicial	62,86	19,29
RG46	Ret man rizoma + Manta Esparto	Inicial	23,57	10,72
RG65	Ret man rizoma + Colchón Coco	Aplazada	50,72	
RG66	Ret man rizoma + Manta Esparto	Aplazada	52,86	
	Media retirada rizoma (global)		48,45	19,29
	Media retirada rizoma (+Adobe+paja)			
	Media retirada rizoma (+Manta esparto)		46,43	15,00
	Media retirada rizoma (+Colchón coco)		50,48	23,57
	Media retirada rizoma (ejecución inicial)		46,79	19,29
	Media retirada rizoma (ejecución aplazada)		51,79	

Tabla 7. Variación temporal de la eficacia media por parcela y combinación de tratamientos que incluyen retirada manual del rizoma, en los dos momentos considerados ( $t+6$  y  $t+18$  meses desde su aplicación).

La retirada completa de los rizomas es una técnica controvertida, por su nivel de dificultad y potencial de perturbación del ambiente (Norris *et al.*, 2002). Se ha utilizado en zonas encharcadas para favorecer el desarrollo de otro tipo de vegetación y controlar la expansión del carrizo mediante inundación (Hawke & José, 1996). La excavación del sustrato suele llevar asociado un nivel de perturbación ideal para el desarrollo de *Phragmites*, con riesgo de movilización de sedimentos, nutrientes, y ocasionalmente contaminantes (Cross & Fleming, 1989; Kiviat, 2010). En el área de trabajo sólo ha mostrado una eficacia ligeramente superior a otros tratamientos mecánicos, y su persistencia no es significativamente mayor, lo que ilustra la dificultad de extraer de forma total el componente vegetativo subsuperficial (Haslam, 1970).

### 5.2.3 Variación de la cobertura de herbáceas acompañantes

Los datos de cobertura de especies herbáceas acompañantes se presentan desagregados por meses y tratamientos. También se ha explorado la relación entre esta variable y la densidad de carrizo. La media mensual, calculada para cada parcela a partir de las muestras de vegetación obtenidas, se refleja los Anexos 4 y 5 (las fichas con los resultados originales de los muestreos de campo han sido incluidas como Anexo en los respectivos informes mensuales).

Globalmente existen diferencias significativas en la cobertura media de herbáceas a lo largo del todo el seguimiento, tanto entre tratamientos del rizoma como entre tipo de recubrimientos y entre combinaciones de ambos (Test de Kruskal-Wallis,  $p < 0,001$  en todos los casos). Estas diferencias se deben fundamentalmente a la mayor cobertura en zonas tratadas con aditivos (con o sin desbroce) frente al resto. Lo mismo sucede entre las zonas sin revestimiento frente a las demás, diferenciándose estas últimas en la secuencia de cobertura adobe < coco < esparto (Figura 28).

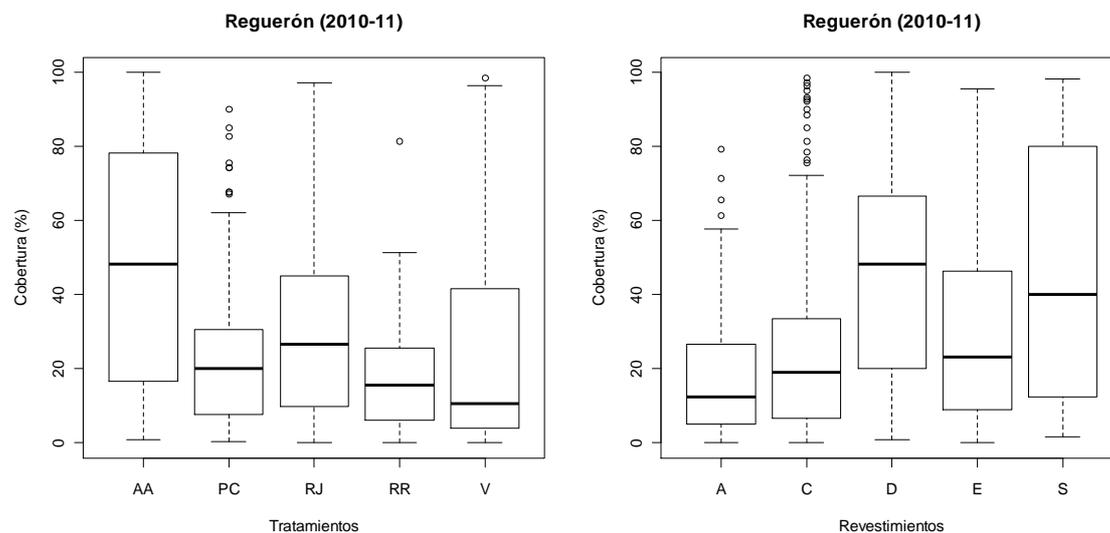


Figura 28. Diferencias globales en la cobertura de herbáceas (%) entre tipos de tratamiento/laboreo (AA=Aditivos; PC=Patacabra; RJ=Ripper+Rotovator; RR=Retirada rizoma; V=Vertedera) y entre tipos de recubrimiento (A=adobe+paja; C=Colchón de coco; D=desbroce+aditivos (sin revestimiento); E=manta de esparto; S=aditivos sin desbroce (sin revestimiento)).

En las Figuras 29 a 34 se muestra la variación (por separado para las diferentes combinaciones de tratamientos) de la cobertura media de herbáceas en cada una de las parcelas. La tendencia general es al aumento inicial –normalmente moderado- de la cobertura, seguido de una estabilización o descenso. Durante el segundo periodo anual estudiado suele producirse una caída final a valores inferiores a los iniciales, si bien es muy frecuente que se produzcan fuertes aumentos primaverales que pueden llegar a un total recubrimiento del suelo.

El patrón descrito es aproximadamente el que se observa en las parcelas tratadas con **aditivos** (Figura 29) aunque la variabilidad inicial es considerable (alguna parcela se estabiliza en un 80% de cobertura a los 2 meses de la aplicación del tratamiento). En las parcelas de ejecución aplazada hay un aumento gradual del recubrimiento de herbáceas pero éste nunca supera 1/3 del total del suelo. En los tratamientos con herbicida sin desbroce previo este patrón se ve alterado en las parcelas RG21 y 61 en las que hay un importante repunte de la cobertura en los meses de primavera, alcanzándose recubrimientos máximos entre 80-100%.

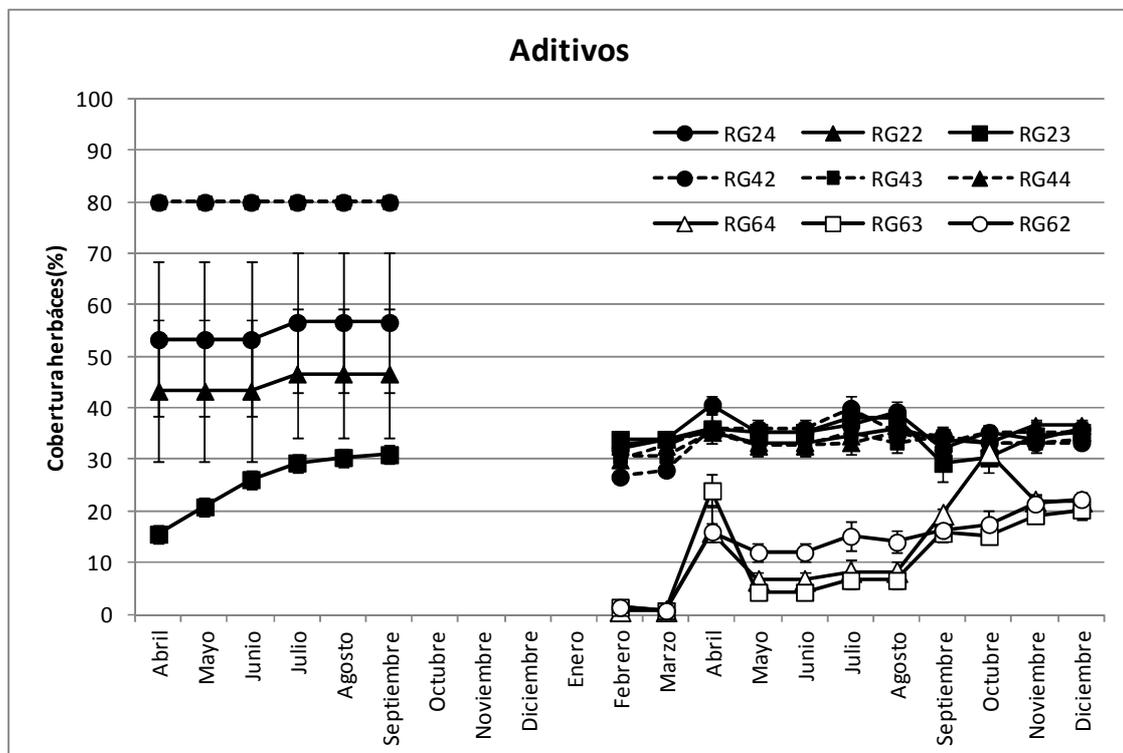


Figura 29. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con aditivos (herbicidas) previo desbroce.

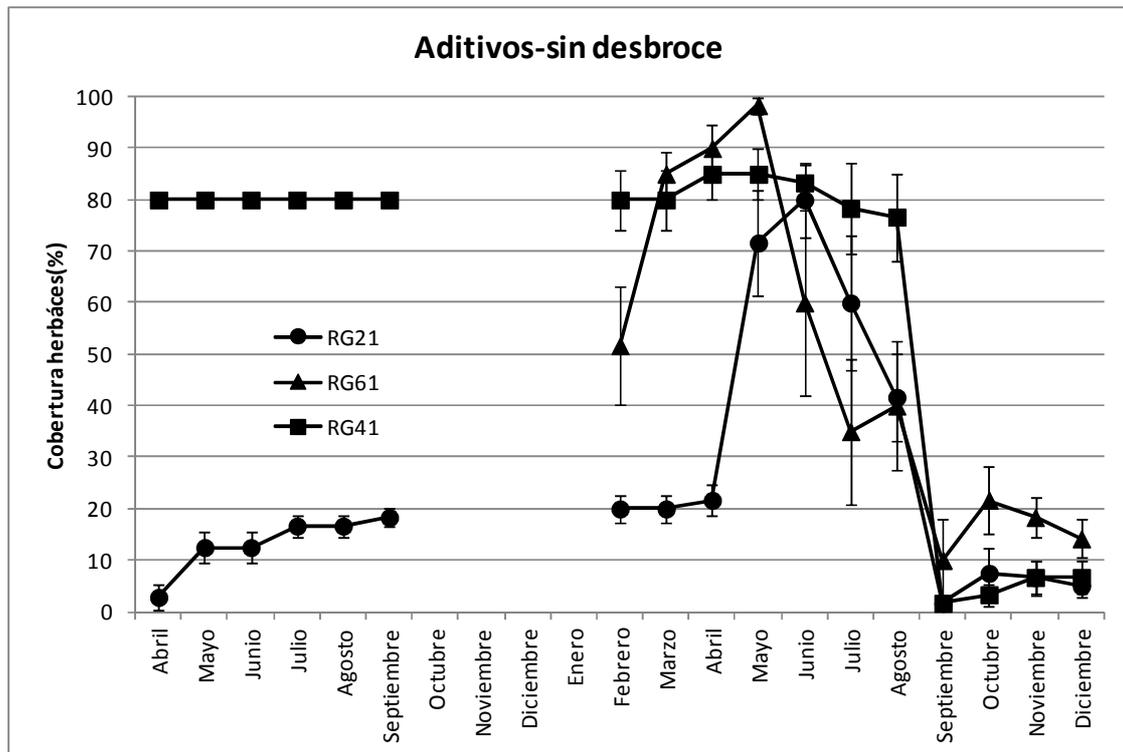


Figura 30. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con aditivos (herbicidas) sin desbroce previo.

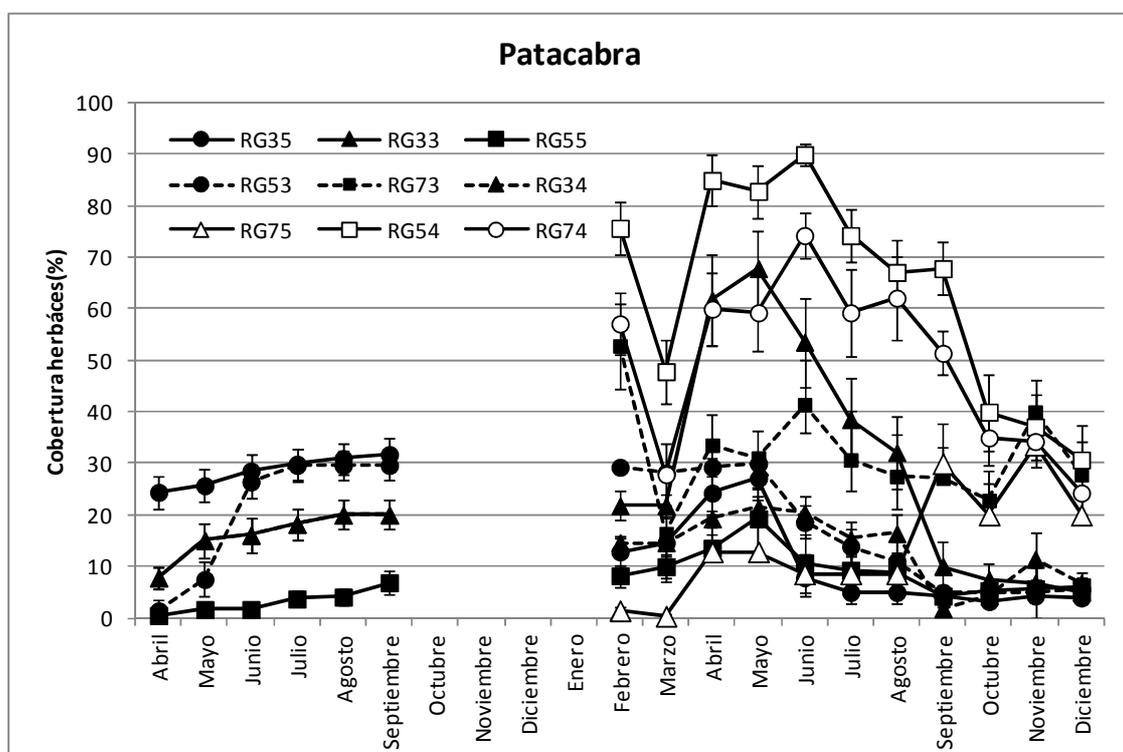


Figura 31. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con patacabra.

En las parcelas cuyo rizoma fue tratado con **patacabra** (Figura 31) se observa un patrón similar al registrado en las que recibieron aditivos previo desbroce. En dos de las parcelas del tramo aplazado y una de las ejecutadas inicialmente hay también un importante crecimiento de herbáceas en los meses de primavera, aunque en este caso para alcanzar valores situados entre un 60-90% de cobertura. En las parcelas que se trataron con **vertedera** (Figura 32), la impresión es básicamente la misma que en las anteriores, aunque en éste caso además de las parcelas de ejecución aplazada (que exhiben recubrimientos del 80-100% en primavera), en muchas de las restantes también se aprecia en mayor o menor medida este pico de cobertura. Este patrón de aumento primaveral observado en la primavera de 2011 es todavía más notorio en los tratamientos con **Ripper+rotovator** (Figura 33), bloque en el cuál se extiende a prácticamente todas las parcelas aunque con picos muy variables. Los máximos se sitúan en cualquier caso entre 70-100% en abril-mayo tanto en parcelas de ejecución inicial como aplazada. Las parcelas tratadas con **retirada de rizoma** (Figura 34) son las únicas que se apartan en alguna medida del patrón general (el máximo primaveral no supera nunca el 50% de cobertura y en algunas parcelas hay picos adicionales hacia el principio y fin de 2011).

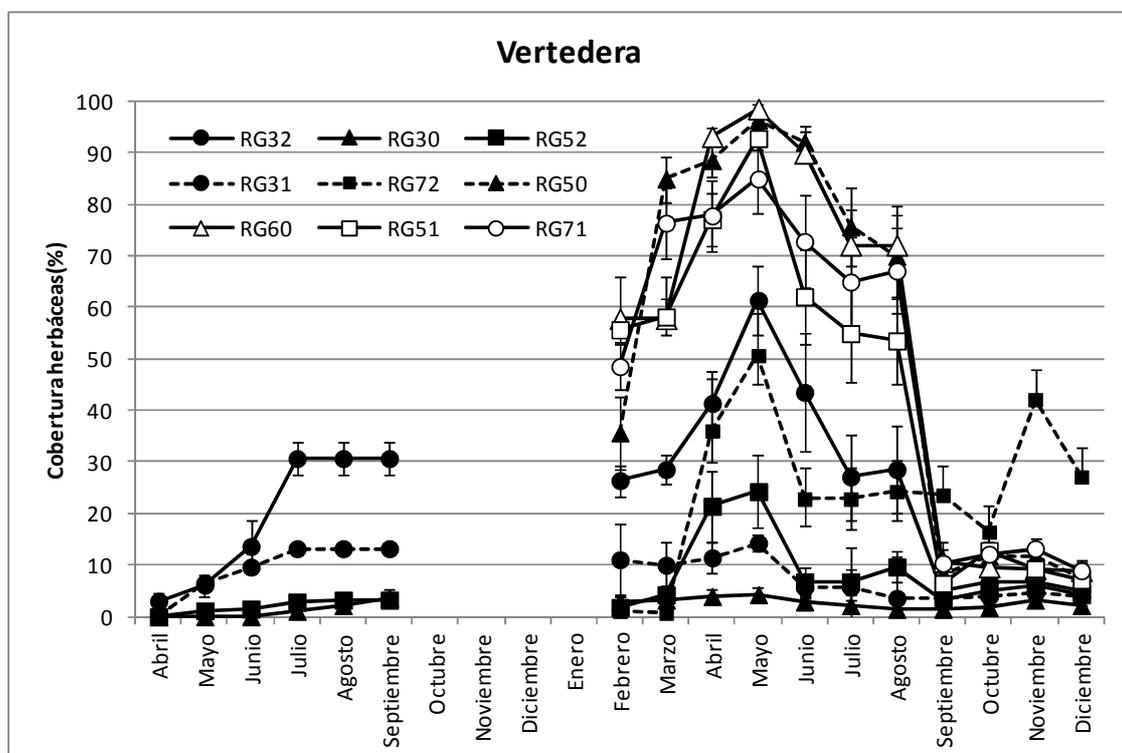


Figura 32. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con vertedera

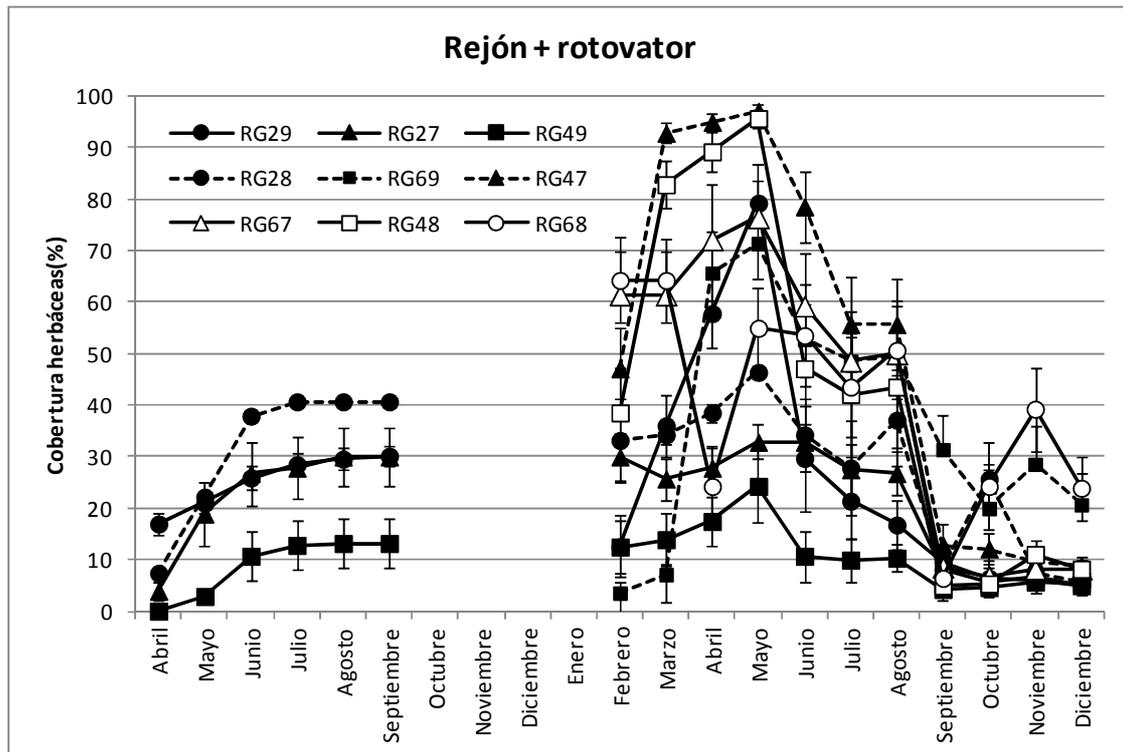


Figura 33. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con Ripper+rotovator.

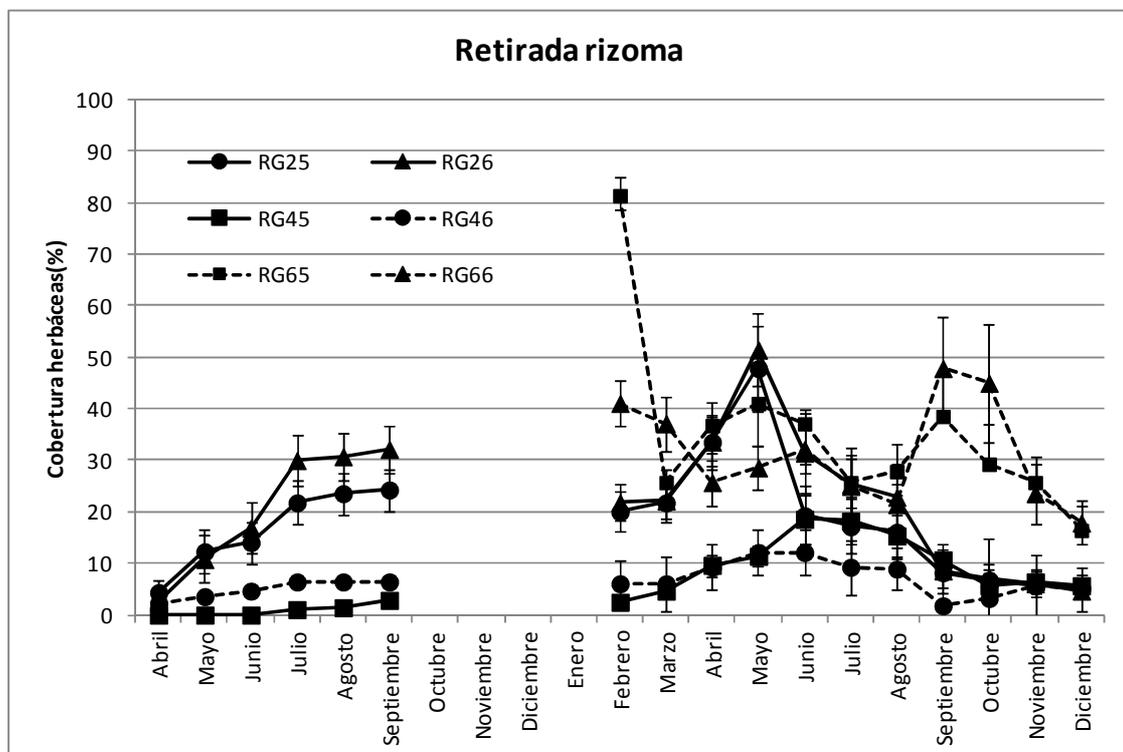


Figura 34. Variación de la cobertura media de herbáceas acompañantes en las parcelas tratadas con retirada de rizoma.

La generalización del patrón de variación descrito para la cobertura de herbáceas sugiere que esta variable evoluciona con relativa independencia del tratamiento aplicado y de la densidad de carrizo. El desarrollo de vegetación herbácea parece estar respondiendo más a las condiciones imperantes en el lecho del canal como resultado de la situación hídrica o climática global del ámbito del proyecto (caudal, pluviometría), que al tratamiento del rizoma o tipo de revestimiento aplicado en cada tramo o parcela.

Por lo general, en los tramos que han sido tratados más recientemente, donde la regeneración de *Phragmites* todavía está lejos de la densidad máxima, suele registrarse una cobertura generalmente mayor de especies herbáceas. Esto puede deberse al carácter pionero de dichas especies, unido a la menor competencia ejercida por el carrizo. No obstante, el patrón observado sugiere que la presencia de especies herbáceas responde a su propio ciclo de desarrollo vegetativo. De hecho, su cobertura tiende a disminuir notablemente o a estar prácticamente ausente en los meses finales (invernales) del periodo estudiado.

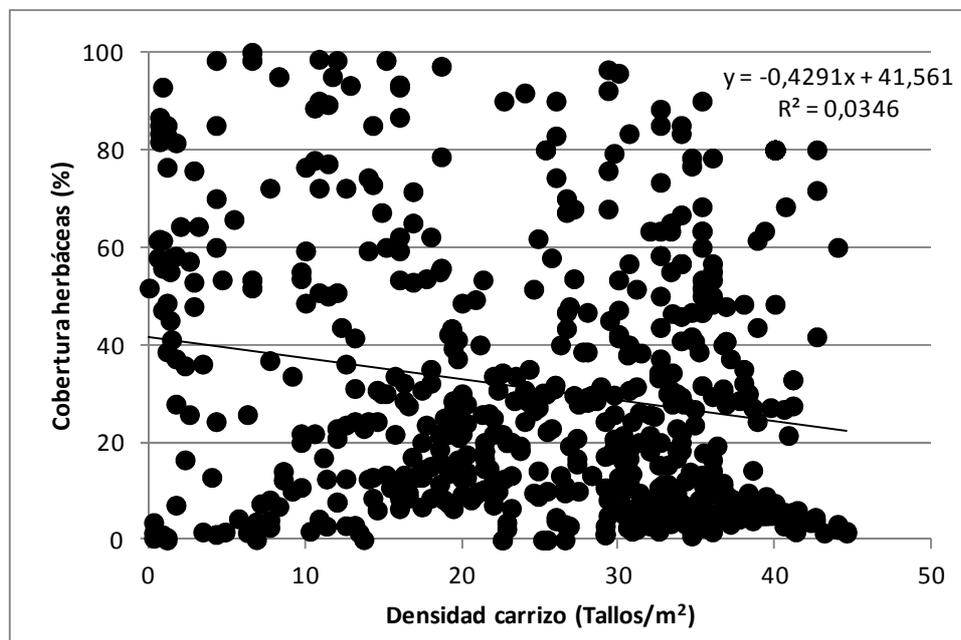


Figura 35. Relación entre la densidad de carrizo y la cobertura de herbáceas a lo largo del seguimiento (valores medios mensuales de las dos variables por parcela).

En cuanto a la relación entre cobertura de herbáceas y carrizo (figura 35), es globalmente negativa y significativa considerando el conjunto de los datos ( $p < 0,001$ ) pero

la variación explicada es insignificante ( $r^2$  ajustado = 0,034). Considerando sólo las parcelas tratadas inicialmente, se obtiene un resultado muy similar ( $r^2$  ajustado). No obstante, existen claras diferencias entre los dos tramos de actuación durante los periodos tempranos de evolución de los tratamientos. Los iniciales muestran una relación positiva y significativa ( $r^2$  ajustado = 0,45;  $p < 0,001$ ; figura 36), mientras que los aplazados sólo exhiben una débil relación negativa ( $r^2$  ajustado = 0,09;  $p < 0,001$ ).

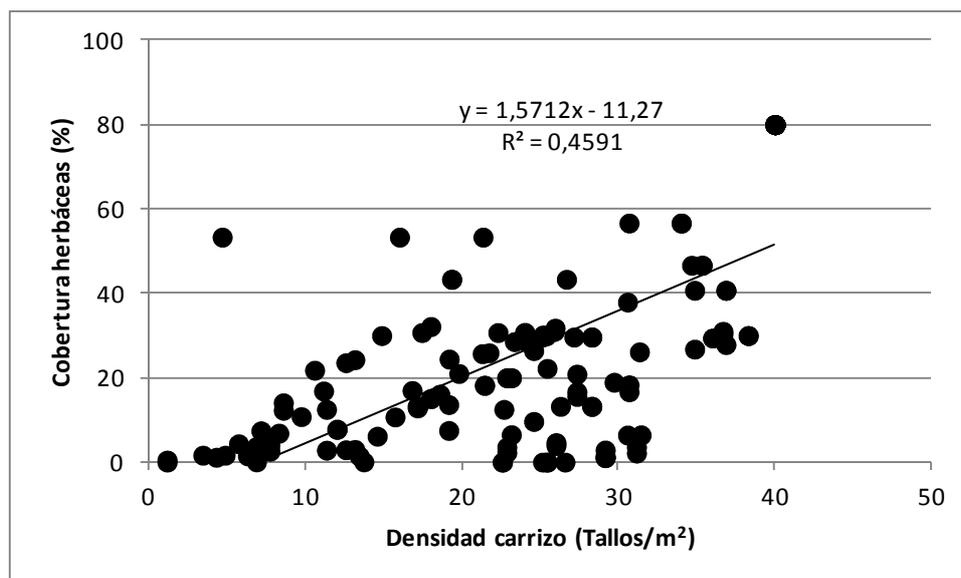


Figura 36. Relación entre la densidad de carrizo y la cobertura de herbáceas de los seis meses del año 2010 (abril-septiembre) cubiertos por el seguimiento inicial (valores medios mensuales de las dos variables por parcela).

En los dos tramos ejecutados a principios de 2010 parece existir una respuesta paralela inicial de ambas variables que puede deberse a efectos locales, mientras que en el sector que concentra los tratamientos aplazados el desarrollo del carrizo y de la vegetación acompañante no muestran relación aparente entre sí. En cualquier caso la primera relación se desvanece considerando el periodo de seguimiento global, sin que exista una clara inhibición del crecimiento de las especies acompañantes al aumentar la densidad de carrizo (Domènech & Vilà, 2006). Lo cual parece esperable considerando la densidad de máxima de *Phragmites* registrada, baja para los estándares citados en la bibliografía (Hara *et al.*, 1993; Hardej & Ozimek, 2002; Martín Vide, 2006). El incremento inicial de herbáceas en los estadios tempranos post-tratamiento respondería por tanto más a la perturbación del sustrato que a la propia eliminación de *Phragmites* como especie potencialmente competidora (Domènech & Vilà, 2006).

## 5.3 Resultados relativos a variables ambientales y otras a registrar

### 5.3.1 Insolación

Los registros mensuales de esta variable a lo largo del seguimiento se presentan en el Anexo 6. La toma de datos se ha realizado de forma simultánea con los muestreos de vegetación. Dado que las medidas se realizan a lo largo de todo el día, se anota la hora de la lectura y la ubicación dentro del cauce del punto de toma de datos, así como la exposición (considerando el efecto de sombreado del muro lateral). 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. De esta forma, la banda interior sería la más cercana al eje central de río, mientras que la exterior es la más próxima al muro perimetral.

La insolación media recibida en cada banda se muestra en la figura 37. Como resultaba esperable, la presencia del muro lateral en dirección SW-NE hace que la banda exterior sea sobre la que incide menor radiación solar por la sombra proyectada.

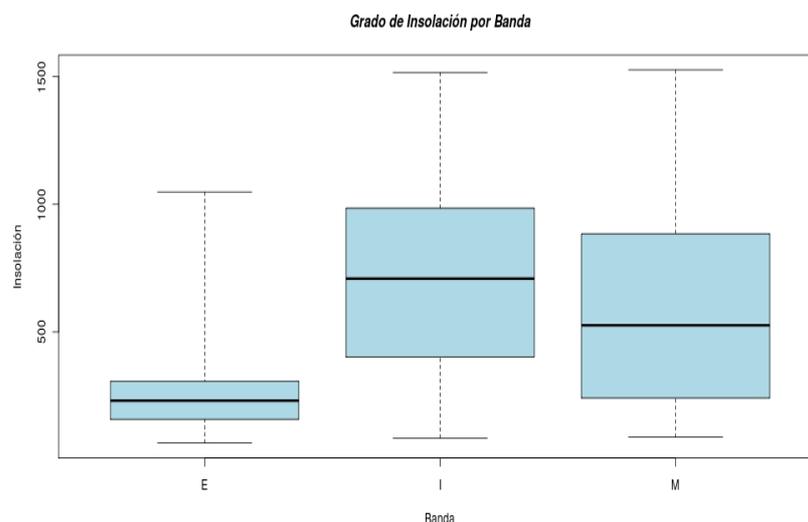


Figura 37: Valor medio de insolación recibida por banda. E=Exterior; I=Interior; M=Media.

### 5.3.2 Temperatura del aire

Los registros de esta variable también se incluyen en el Anexo 6. Se trata de una variable homogénea para todo el área de trabajo y dentro del cauce. Sus valores son prácticamente idénticos independientemente de la banda considerada (Figura 38)

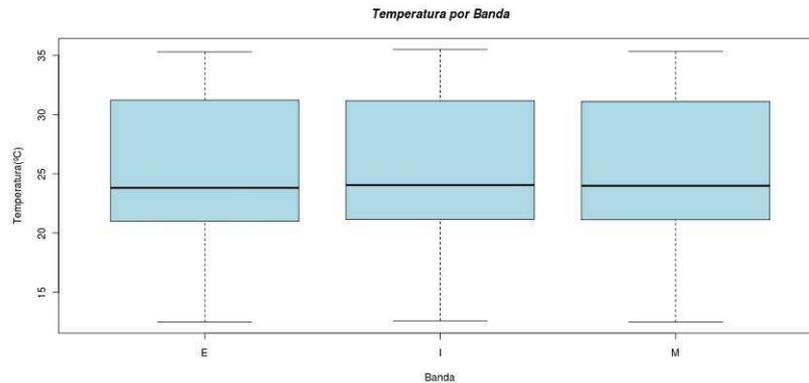


Figura 38: Valores medios de temperatura por banda. E=Exterior; I=Interior; M=Media.

### 5.3.3 Humedad atmosférica

Los valores mensuales de esta variable se incluyen en el Anexo 6 junto con el resto de mediciones realizadas *in situ*. Con ellos ocurre lo mismo que con la temperatura del aire, no existiendo diferencias entre bandas (Figura 39), de la misma manera que no se detectan entre grupos de parcelas de diferente momento de ejecución.

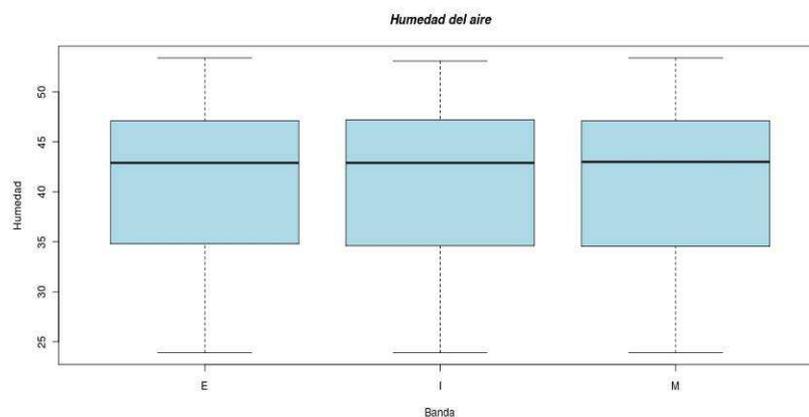


Figura 40: Valores medios de humedad atmosférica por banda. E=Exterior; I=Interior; M=Media.

## 5.4 Variables de caracterización edáfica

### 5.4.1 Caracterización inicial

Los resultados de los análisis de las muestras iniciales del suelo, permiten realizar comparaciones entre las parcelas tratadas con los diferentes tratamientos y el margen opuesto (izquierdo) sobre el que no se ha realizado ningún tipo de actuación. Los resultados de los tests de Kruskal-Wallis realizados entre estas dos zonas no revelan diferencias excepto para el contenido de humedad ( $p < 0,05$ ; Tabla 8). En la tabla 9 se presentan los datos de humedad (% del peso de la muestra) obtenidos en cada una de las parcelas. Su representación gráfica muestra valores superiores en las muestras tratadas ( $29,89 \pm 1,33$  vs  $22,13 \pm 1,88$ ; Figura 41) lo que sugiere que los revestimientos aplicados en muchas de ellas contribuyen a una mayor retención de humedad. El resto de valores de la caracterización edáfica inicial constan en el Anexo 7.

Variable	P	Kruskal-Wallis $\chi^2$
Humedad gravimétrica	0,01273*	6,2061
Conductividad	0,1195	2,4242
pH	0,29	1,1053
CaCO <sub>3</sub>	1	0,0000
N	0,8144	0,0551
C	0,938	0,0061
C orgánico	0,6123	0,2569
P	0,5858	0,2970
K	0,8727	0,3502

Tabla 8. Resultados de la comparación (Test de Kruskal-Wallis) de las principales variables de caracterización edáfica inicial entre parcelas tratadas y no tratadas de la margen opuesta; (\*) =  $p < 0,05$ .

Parcela	Tratamiento	Marg	Tramo	Ejec	Peso Húmedo	Peso Seco	Peso agua	Humedad gravimétrica (%)
RG27	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	Tr	1	Ini	101,60	80,50	21,10	26,21
RG30	Vertedera + Colchón Coco	Tr	1	Ini	101,70	76,93	24,77	32,20
RG31	Vertedera + Manta Esparto	Tr	1	Ini	108,80	82,81	25,99	31,39
RG32	Vertedera + Paja + Adobe	Tr	1	Ini	104,50	75,85	28,65	37,77

Parcela	Tratamiento	Marg	Tramo	Ejec	Peso Húmedo	Peso Seco	Peso agua	Humedad gravimétrica (%)
RG35	Pata Cabra + Paja + Adobe	Tr	1	Ini	101,20	77,15	24,05	31,17
RG54	Pata Cabra + Manta Esparto	Tr	2	Apl	100,70	72,10	28,60	39,67
RG61	Aditivos + Sin Desbroce	Tr	3	Apl	102,10	81,32	20,78	25,55
RG62	Aditivos	Tr	3	Apl	100,90	81,08	19,82	24,44
RG63	Aditivos	Tr	3	Apl	106,50	82,09	24,41	29,74
RG64	Aditivos	Tr	3	Apl	107,40	87,70	19,70	22,46
RG65	Ret man rizoma + Colchón Coco	Tr	3	Apli	112,40	88,18	24,22	27,47
RG66	Ret man rizoma + Manta Esparto	Tr	3	Apl	103,60	82,26	21,34	25,94
RG68	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	Tr	3	Apl	113,30	90,23	23,07	25,57
RG69	Ripper + Rotovator + Adobe	Tr	3	Apl	102,60	77,68	24,92	32,08
RG73	Pata Cabra + Colchón Coco	Tr	3	Apl	109,90	80,39	29,51	36,71
ENF27	Margen opuesta	No	E1	NA	108,10	90,42	17,68	19,55
ENF30	Margen opuesta	No	E1	NA	106,40	86,80	19,60	22,58
ENF31	Margen opuesta	No	E1	NA	105,50	83,28	22,22	26,68
ENF32	Margen opuesta	No	E1	NA	101,10	82,77	18,33	22,15
ENF54	Margen opuesta	No	E2	NA	101,80	80,10	21,70	27,09
ENF73	Margen opuesta	No	E3	NA	122,90	107,12	15,78	14,73

Tabla 9. Peso de las muestras de suelo (g) correspondientes al muestreo inicial y contenido de humedad gravimétrica (expresado en %).

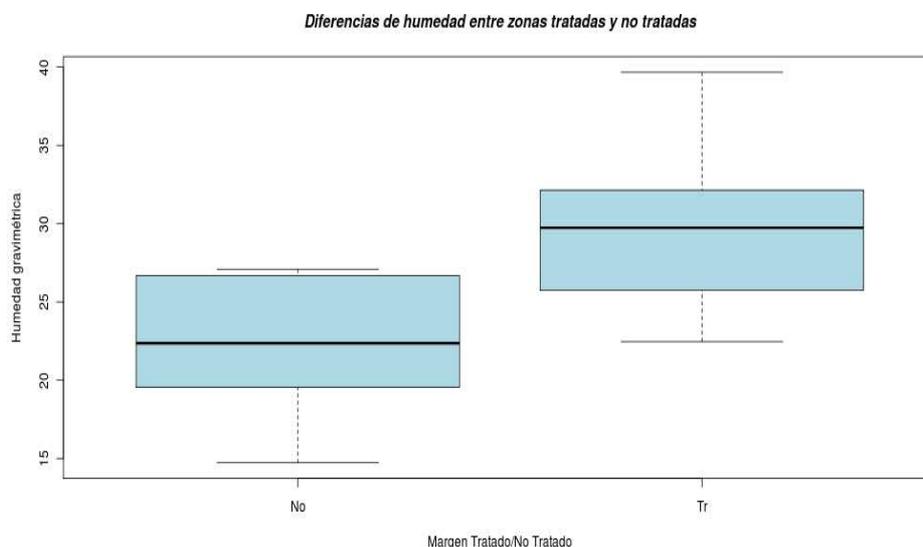


Figura 41. Comparación de los valores del contenido gravimétrico de agua (porcentaje del peso) entre las muestras iniciales obtenidas en las parcelas tratadas y sus equivalentes de contraste (margen opuesta).

La densidad media de carrizo en las parcelas tratadas en las que se han obtenido muestras de suelos era al inicio del seguimiento de  $9,26 \text{ tallos/m}^2 \pm 3,04 \text{ SE}$  (incluyendo las parcelas de ejecución “inicial” y “aplazada”, mientras que la densidad “control” muestreada inicialmente en las zonas no tratadas fue de  $40,16 \text{ tallos/m}^2$ .

La relación entre la densidad de carrizo y el contenido de humedad es marginalmente significativa ( $R^2=0,1259$ ;  $p=0,06363$ ; Figura 42), pero confirma que conforme aumenta la densidad de tallos de carrizo, la humedad del suelo tiende a disminuir. Sun *et al.* (2004) observaron también como la saturación de agua del suelo disminuía conforme aumentaba la densidad de *Phragmites* en un transecto litoral desde la orilla hacia el interior, mientras que la altura de los tallos se incrementaba desde 0,1 hasta 2,13 m en el mismo sentido. Esto podría tener que ver con las dificultades que *Phragmites* tiene para crecer de forma óptima en suelos permanentemente saturados, o con su incapacidad de retener humedad de forma óptima tal como han sugerido Johnson *et al.* (2008), quienes atribuyen a esta especie la capacidad de modificar la humedad del suelo.

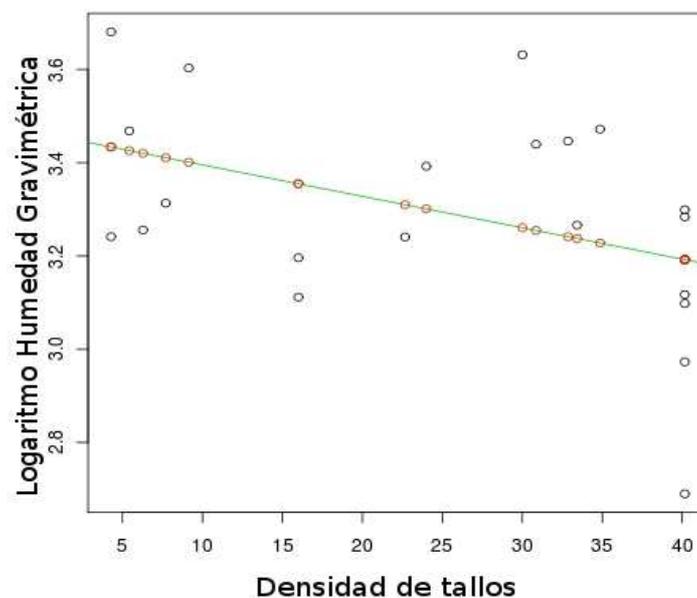


Figura 42. Relación entre el contenido volumétrico de agua en el suelo y la densidad de tallos de carrizo (modelo lineal ajustado:  $R^2: 0,1259$ ;  $p = 0,06363$ ).

#### 5.4.2 Caracterización final

Siguiendo el mismo esquema del apartado anterior, se han realizado las oportunas comparaciones entre parcelas tratadas y no tratadas en el muestreo final (Tabla 10). Ninguna de las variables incluidas en la comparación muestra diferencias significativas.

Variable	P	Kruskal-Wallis $\chi^2$
Humedad gravimétrica	0,30	1,30
pH	0,54	0,36
Conductividad	2,78	0,09
P	0,30	1,30
K	0,51	0,42

Tabla 10. Resultados de la comparación (Test de Kruskal-Wallis) de las principales variables de caracterización edáfica entre las parcelas tratadas y las no tratadas de la margen opuesta (muestras finales).

Parcela	Tratamiento	Marg	Tramo	Ejec	Peso Húmedo	Peso Seco	Peso agua	Humedad gravimétrica (%)
RG27	Ripper + Rotovator + Colchón Coco	Tr	1	Ini	72,94	53,52	19,42	36,286
RG30	Vertedera + Colchón Coco	Tr	1	Ini	70,45	54,73	15,72	28,723
RG31	Vertedera + Manta Esparto	Tr	1	Ini	82,1	60,43	21,67	35,860
RG32	Vertedera + Paja + Adobe	Tr	1	Ini	73,78	59,23	14,55	24,565
RG35	Pata Cabra + Paja + Adobe	Tr	1	Ini	100,96	82,19	18,77	22,837
RG54	Pata Cabra + Manta Esparto	Tr	2	Apl	100,13	79,93	20,20	25,272
RG61	Aditivos + Sin Desbroce	Tr	3	Apl	NA	NA	NA	NA
RG62	Aditivos	Tr	3	Apl	98,33	77,77	20,56	26,437
RG63	Aditivos	Tr	3	Apl	74,13	57,42	16,71	29,101
RG64	Aditivos	Tr	3	Apl	85,80	69,53	16,27	23,400
RG65	Ret man rizoma + Colchón Coco	Tr	3	Apli	103,27	75,87	27,40	36,114
RG66	Ret man rizoma + Manta Esparto	Tr	3	Apl	117,49	90,92	26,57	29,223
RG68	Ripper + Rotovator + Manta Esparto	Tr	3	Apl	76,44	55,09	21,35	38,755
RG69	Ripper + Rotovator + Adobe	Tr	3	Apl	103,96	78,07	25,89	33,163
RG73	Pata Cabra + Colchón Coco	Tr	3	Apl	71	44,33	26,67	60,162
ENF27	Margen opuesta	No	E1	NA	79,7	62,81	16,89	26,891
ENF30	Margen opuesta	No	E1	NA	101,59	88,82	12,77	14,377
ENF31	Margen opuesta	No	E1	NA	100,63	78,74	21,89	27,800
ENF32	Margen opuesta	No	E1	NA	42,06	24,33	17,73	72,873
ENF54	Margen opuesta	No	E2	NA	89,06	73,41	15,65	21,319
ENF73	Margen opuesta	No	E3	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 11. Peso de las muestras de suelo (g) correspondientes al muestreo final y contenido de humedad gravimétrica (expresado en %).

En cuanto al contenido de humedad la tabla 11 recoge los valores obtenidos en cada una de las parcelas. Las aparentes diferencias observadas inicialmente de humedad se han anulado (valores promedio de las zonas no tratadas  $32,65 \pm 10,33$  vs  $32,13 \pm 2,48$  en las tratadas). Más evidentes son las diferencias de conductividad, mucho



más elevada en las zonas no tratadas ( $603,75 \pm 111,68$ )<sup>5</sup> que en las tratadas ( $427,85 \pm 41,19$ ).

La densidad media final de carrizo en las parcelas tratadas en las que se han obtenido muestras de suelos fue de  $30,9 \pm 2,05$  tallos/m<sup>2</sup>. No parece existir relación alguna entre la densidad de carrizo y el contenido de humedad de las muestras finales, ni tampoco con su conductividad eléctrica.

La ausencia de relación negativa con la humedad en las muestras finales contrasta con la interpretación realizada en el apartado 5.4.1. Como se verá más adelante (apartado 5.4.4), las condiciones de saturación de agua en el área de estudio han persistido durante bastantes meses, predominando los incrementos en el contenido de humedad en las muestras.

### 5.4.3 Variación espacial

En las muestras iniciales, no aparecen diferencias significativas entre los tres tramos en los que se ha dividido el área de actuación para ninguna variable excepto para la humedad (Test de Kruskal-Wallis,  $p > 0,05$ ; Tramo 3  $> 1,2$ ) y el contenido de potasio ( $p < 0,05$ ; Tramo 3  $> 1,2$ ). En las muestras finales la primera variable ya no muestra diferencias entre tramos, que se manifiestan sólo marginalmente en el caso del potasio ( $p = 0,07$ , en este caso 1  $< 2,3$ ). Las muestras del tercer tramo, en su mayoría ejecutadas con desfase, introducen una elevada heterogeneidad de fondo que enmascara el efecto de los tratamientos.

### 5.4.4 Variación temporal

Las tablas 12 y 13 muestran la variación individual de distintas variables de caracterización edáfica en los puntos de toma de muestras de los que se dispone de datos iniciales y finales. Tanto en las variables ambientales de la tabla 12 como en los principales macroelementos (Tabla 13) predominan los incrementos.

---

<sup>5</sup> Incluso superior ( $870 \pm 284$ ) si se considera un valor extremo de  $1939 \mu\text{S}$ . Valores  $> 500 \mu\text{S}$  se consideran propios de suelos salinos ( $>5 \text{ dS/m}$ ; Jordán, 2006).

Parcela	Tiempo	pH		CE		Textura	Humedad	
RG27	Inicio	8,51	↓	164,2	↑	Franco-limoso	26,21	↑
RG27	Fin	8,11		437		Franco-limoso	36,29	↑
RG30	Inicio	8,49	↓	168,3	↑	Franco-limoso	32,20	↓
RG30	Fin	8,26		486		Franco-limoso	28,72	↓
RG31	Inicio	8,55	↑	200	↑	Franco-limoso	31,39	↑
RG31	Fin	8,26		411		Franco-limoso	35,86	↑
RG32	Inicio	8,08		245		Franco-limoso	37,77	↓
RG32	Fin						24,57	
RG35	Inicio	7,72	↑	513	↑	Franco	31,17	↓
RG35	Fin	8,39		530		Franco-limoso	22,84	↓
RG54	Inicio	7,8	↑	273	↑	Franco-limoso	39,67	↓
RG54	Fin	8,52		951		Franco-limoso	25,27	↓
RG61	Inicio	8,13	↑	242	↑	Franco-limoso	25,55	
RG61	Fin	8,53		474		Franco-limoso	NA	
RG62	Inicio	8,25	↑	212	↑	Franco-limoso	24,44	↑
RG62	Fin	8,66		479		Franco	26,44	↑
RG63	Inicio	8,23	↑	214	↑	Franco-limo-arcilloso	29,74	↓
RG63	Fin	8,52		359		Franco-limoso	29,10	
RG64	Inicio	8,18	↑	201	↑	Franco-limoso	22,46	↑
RG64	Fin	8,81		538		Franco-limoso	23,40	↑
RG65	Inicio	8,3	↑	204	↑	Franco-limoso	27,47	↑
RG65	Fin	8,85		270		Franco-limoso	36,11	↑
RG66	Inicio	8,5	↓	183	↑	Franco-limoso	25,94	↑
RG66	Fin	8,35		359		Franco-limoso	29,22	↑
RG68	Inicio	8,19	↑	230	↑	Franco-limo-arcilloso	25,57	↑
RG68	Fin	8,27		521		Franco-limoso	38,75	↑
RG69	Inicio	8,03	↑	366	↑	Franco-limo-arcilloso	32,08	↑
RG69	Fin	8,35		474		Franco-limoso	33,16	↑
RG73	Inicio	7,88	↑	253	↑	Franco-limoso	36,71	↑
RG73	Fin	8,29		331		Franco-limoso	60,16	↑
ENF27	Inicio	8,42	↑	203	↑	Franco	19,55	↑
ENF27	Fin	8,85		480		Franco	26,89	↑
ENF30	Inicio	7,87	↑	580	↓	Franco-limoso	22,58	↓
ENF30	Fin	8,63		434		Franco-limoso	14,38	↓
ENF31	Inicio	8,11		283		Franco	26,68	
ENF31	Fin						NA	
ENF32	Inicio	7,66	↑	469	↑	Franco-limoso	22,15	↑
ENF32	Fin	7,97		974		Franco-limoso	72,87	↑
ENF54	Inicio	8,13	↑	213	↑	Franco	27,09	↓
ENF54	Fin	8,68		527		Franco-limoso	21,32	↓
ENF73	Inicio	8,21	↑	251	↑	Franco-limoso	14,73	↑
ENF73	Fin	8,32		1939		Franco-limoso	27,80	↑

Tabla 12. Comparación individual de los valores de pH, conductividad eléctrica (en microSiemens), textura y contenido de humedad entre las muestras iniciales y finales de caracterización edáfica. Los símbolos indican el sentido de la variación.

En especial, se destacan los incrementos de conductividad, que se dan tanto en las muestras tomadas en las parcelas tratadas, como en las de contraste de la margen opuesta, por lo que no parece guardar relación con los tratamientos ni con el diferente desarrollo del carrizo en ambas zonas. Los incrementos en el contenido de humedad, también más frecuentes que las disminuciones (12 de 19 casos) podrían guardar relación con el incremento de caudal detectado al final del periodo de seguimiento.

Parcela	Tiempo	S		P		K		AI	
RG27	Inicio	0,0502	↑	0,0783	↑	1,1894	↑	4,0974	↑
RG27	Fin	0,124		0,138		1,883		4,68	
RG30	Inicio	0,0633	↑	0,089	↑	1,3825	↑	4,2718	↑
RG30	Fin	0,0847		0,112		1,936		4,792	
RG31	Inicio	0,0718	↑	0,0981	↑	1,3654	↑	4,239	↑
RG31	Fin	0,102		0,136		1,934		5,006	
RG32	Inicio	0,105		0,0969		0,9823		3,5549	
RG32	Fin								
RG35	Inicio	0,1221	↑	0,075	↑	0,9479	↑	3,5169	↑
RG35	Fin	0,125		0,151		1,669		4,368	
RG54	Inicio	0,1286	↓	0,2502	↓	1,4004	↑	5,2705	↓
RG54	Fin	0,0859		0,135		1,793		4,873	
RG61	Inicio	0,082	=	0,1064	=	1,4318	↑	4,5626	↑
RG61	Fin	0,0821		0,11		1,787		4,931	
RG62	Inicio	0,064	↑	0,0944	↑	1,0293	↑	3,7058	↑
RG62	Fin	0,0868		0,121		1,819		4,76	
RG63	Inicio	0,0618	↑	0,0939	↑	1,0808	↑	3,954	↑
RG63	Fin	0,0833		0,129		1,744		4,562	
RG64	Inicio	0,0658	↑	0,1115	↓	0,9434	↑	3,6974	↑
RG64	Fin	0,074		0,0985		1,711		4,503	
RG65	Inicio	0,0736	↑	0,0985	↓	0,8882	↑	3,5517	↑
RG65	Fin	0,0783		0,0803		1,657		4,768	
RG66	Inicio	0,0427	↑	0,0646	↑	0,9225	↑	3,3723	↑
RG66	Fin	0,104		0,214		1,634		5,199	
RG68	Inicio	0,0805	↑	0,146	↓	1,061	↑	4,029	↑
RG68	Fin	0,204		0,121		1,557		4,3	
RG69	Inicio	0,1003	↓	0,092	↑	0,9047	↑	3,4906	↑
RG69	Fin	0,0955		0,127		1,826		5,167	
RG73	Inicio	0,1223	↑	0,2675	↓	1,0039	↑	4,4835	↑
RG73	Fin	0,129		0,181		1,771		4,929	
ENF27	Inicio	0,0641	↑	0,073	↑	0,9141	↑	3,3611	↑
ENF27	Fin	0,0985		0,198		1,813		5,207	
ENF30	Inicio	0,145	↓	0,0867	↑	1,0254	↑	3,7414	↑
ENF30	Fin	0,107		0,211		2,17		5,273	
ENF31	Inicio	0,0659		0,0923		0,9296		3,5773	
ENF31	Fin								
ENF32	Inicio	0,0764	↑	0,0962	↑	1,0563	↑	3,9101	↑
ENF32	Fin	0,189		0,119		1,66		4,666	
ENF54	Inicio	0,0718	↑	0,1337	↓	1,0225	↑	4,0148	↑
ENF54	Fin	0,0894		0,113		1,702		4,631	
ENF73	Inicio	0,0606	↑	0,0993	↑	0,9852	↑	3,7459	↑
ENF73	Fin	0,175		0,174		1,889		4,831	

Tabla 13. Comparación individual del contenido de S, P, K y AI (%) entre las muestras iniciales y finales de caracterización edáfica. Los símbolos indican el sentido de la variación.

Globalmente, no existen diferencias significativas en el porcentaje de humedad edáfica entre las muestras iniciales y finales (Test de Kruskal-Wallis,  $p = 0,39$ ). Considerando ambos conjuntos de datos por separado, como se ha visto, la significación



de las diferencias entre márgenes (tratada y no tratada) se desvanece en el muestreo final, aunque siguen diferenciándose cuando se consideran conjuntamente ( $p < 0,05$ ).

Prácticamente todas las restantes variables principales de caracterización edáfica varían significativamente con el tiempo, aumentando las concentraciones de P, K, S y Al, así como en el pH y la conductividad eléctrica ( $p < 0,001$  en todos los casos). En todos los casos la variación supone un aumento de la concentración o del parámetro considerado.

### 5.4.5 Comparación con otros estudios de referencia

La comparación con los datos de Alías y cols. (1986-1997) se incluye a título puramente informativo, ya que los valores de referencia (de las dos muestras de dicho estudio seleccionadas por su proximidad o afinidad a los suelos del área de estudio) son únicos, y no admiten comparaciones estadísticas. Además, existen algunas diferencias de tipo metodológico que hacen aún más difícil una comparación directa.

No obstante, merecen destacarse algunas similitudes y diferencias cualitativas, recogidas en las Tablas 14 y 15. En ellas se presentan además los principales datos de caracterización de las muestras de referencia.

Perfil		Muestra Nº	934-II - LUCDEME (punto más cercano llanura aluvial)			
		Horizonte	Ap	C1	C2	C3
		Profundidad	0-17	17-36	36-67	>67
GRANULOMETRIA (%)	Arena	muy gruesa	2,6	0,4	0,3	0,1
	Arena	gruesa	0,3	0,3	0,2	0,1
	Arena	mediana	0,3	0,4	0,2	0,1
	Arena	fina	0,7	1	0,7	0,5
	Arena	muy fina	0,9	1,3	1,5	0,8
	TOTAL	arena	4,8	3,4	2,9	1,6
	Limo	grueso	20,8	9,9	18,9	16,4
	Limo	fino	28,2	40,3	28,6	46,2
	TOTAL	limo	49	50,2	47,5	62,6
	Arcilla		46,1	46,2	49,5	35,8
DATOS ANALÍTICOS	MO	%	3,79	2,12	1,16	0,28
	C(+)	g/100g	2,2	1,23	0,68	0,16
	N(+)	g/100g	288,5	155,5	149,9	147,1

Perfil		Muestra Nº	934-II - LUCDEME (punto más cercano llanura aluvial)			
		Horizonte	Ap	C1	C2	C3
		Profundidad	0-17	17-36	36-67	>67
	C/N(+)		7,8	7,9	4,5	1,1
	CO <sub>3</sub> Ca (eq)	%	42,3	43,6	47,4	49
	pH	H <sub>2</sub> O	7,9	8,3	8,3	8,3
	pH	CIK	7	7,1	7,1	7,2
	T		21,4	19,4	17,3	16,4
	CE	dS cm <sup>-1</sup>	1,33	1,38	1,49	1,6
	Sales solubles					
	Yeso					
	H <sub>2</sub> O	1/3 atm	38	35,2	33,2	32,7
	H <sub>2</sub> O	15 atm	24,5	20,4	20,2	20,9
ELEMENTOS ASIMILABLES	Na	mg/100g	31,5	31,3	33,7	33,5
	K	mg/100g	80	28,5	26,5	25,5
	Mg	mg/100g	92,5	100	110	107,5
	Fe	ppm	0,7	0,7	0,6	0,6
	Mn	ppm	2	1,2	1,2	0,8
	Cu	ppm	1,8	2,1	1,8	1,8
	Zn	ppm	2,2	1,6	0,8	1,2
	P	ppm	31,8	22,3	4,2	2,9
EXTRACTO DE SATURACION		Cl <sup>-</sup>				
		SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>				
		CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>				
		Na <sup>+</sup>				
		K <sup>+</sup>				
		Mg <sup>2+</sup>				
		Ca <sup>2+</sup>				
		RAS				

Tabla 14. 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 (inicial-final)	CONTRASTE (inicial-final)
		Profundidad	0-17		
GRANULOMETRIA (%)	Arena	muy gruesa	2,6		
	Arena	gruesa	0,3		
	Arena	mediana	0,3		
	Arena	finas	0,7		
	Arena	muy fina	0,9		
	TOTAL	arena	4,8		
	Limo	grueso	20,8		
	Limo	fino	28,2		
	TOTAL	limo	49		
	Arcilla		46,1		

			Promedio		
			LUCDEME	TRATADAS (inicial-final)	CONTRASTE (inicial-final)
		Profundidad	0-17		
DATOS ANALÍTICOS	MO	%	3,79		
	C	g/100g	2,2		
	N	g/100g	288,5		
	C/N		7,8		
	CO <sub>3</sub> Ca (eq)	%	42,3		
	pH	H <sub>2</sub> O	7,9	8,19-8,44	8,07-8,49
	pH	CIK	7		
	T		21,4		
	CE	dS cm <sup>-1</sup>	1,33	2,45-4,73	3,33-6,04
	Sales	solubles			
	Yeso				
	H <sub>2</sub> O	1/3 atm	38	29,89-32,14	22,13-32,65
	H <sub>2</sub> O	15 atm	24,5		
ELEMENTOS ASIMILABLES <sup>1</sup>	Na	mg/100g	31,5		
	K	mg/100g	80	1,10-1,77	0,99-1,85
	Mg	mg/100g	92,5		
	Fe	ppm	0,7		
	Mn	ppm	2		
	Cu	ppm	1,8		
	Zn	ppm	2,2		
	P	ppm	31,8	0,12-0,13	0,10-0,16
EXTRACTO DE SATURACION		Cl <sup>-</sup>			
		SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>			
		CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>			
		Na <sup>+</sup>			
		K <sup>+</sup>			
		Mg <sup>2+</sup>			
		Ca <sup>2+</sup>			
		RAS			

Tabla 14 (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 del canal. (1) Los datos de elementos asimilables del presente estudio, obtenidos mediante análisis de fluorescencia de rayos X, se expresan en %.

<b>Perfil</b>	<b>Nº</b>	934-II
<b>Coordenadas</b>	<b>UTM</b>	667,25-4204,60
<b>Altitud</b>	<b>(m)</b>	40
<b>Posición fisiográfica</b>		Llanura aluvial
<b>Pendiente</b>		Llano
<b>Vegetación/ Uso suelo</b>		Antiguo cultivo de alfalfa. En las cercanías crecen <i>Imperata cylindrica</i> , <i>Arundo donax</i> , equisetos, etc.
<b>Material original</b>		Sedimentos cuaternarios finos
<b>Drenaje</b>		Moderadamente bien drenado
<b>Pedregosidad</b>		Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>		Ninguno
<b>Salinidad</b>		Libre de sales
<b>Erosión</b>		Deposición hídrica
<b>Influencia humana</b>		Labores de cultivo
<b>Tipo suelo</b>		Fluvisol calcárico (Fluvisol verti-calcárico; FAO 88)

Tabla 14 (cont). Datos de caracterización edáfica (perfil) del Proyecto LUCDEME (Alfás 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 (Canal del Reguerón)	
	Capa arable		PROMEDIO	
Coordenadas	UTM	662,00-4206,00	TRATADAS (inicial-final)	CONTRASTE (inicial-final)
<b>DATOS ANALITICOS GENERALES</b>	<b>MO (%)</b>	2,6		
	<b>CE (dS cm<sup>-1</sup>)</b>	2,5	2,45-4,73	3,33-6,04
	<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	8,1	8,19-8,44	8,07-8,49
	<b>pH CIK</b>	7,2		
	<b>CO<sub>3</sub>Ca (%)</b>	47,9		
<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA (µm)</b>	<b>&lt;2</b>	41,5		
	<b>2-20.</b>	38,3		
	<b>20-50</b>	15,4		
	<b>50-100</b>	1,6		
	<b>100-250</b>	1,4		
	<b>250-500</b>	1,0		
	<b>500-1000</b>	0,4		
	<b>1000-2000</b>	0,5		

Tabla 15. 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.

Además de las diferencias, ya comentadas, entre las muestras de las parcelas tratadas y las muestras de contraste de la margen opuesta (izquierda), se destaca que el suelo objeto de las actuaciones de control tiene valores iniciales de conductividad



normalmente superiores a los de los suelos del entorno, y valores finales siempre muy superiores. El pH es algo más básico en todas las comparaciones, salvo entre los valores iniciales del Reguerón y el de la capa arable del proyecto LUCDEME (prácticamente idénticos).

En cuanto a los principales macronutrientes, aunque los valores no son directamente comparables, los suelos seleccionados para la comparación tienen un contenido relativamente alto de P y K en la porción superior del perfil (0-17 cm). Los valores obtenidos en el lecho del canal, en cambio, son relativamente bajos en relación con los que caracterizan suelos agrícolas estudiados con técnicas similares (Gallardo, 2003; González & Candás, 2004; Roca *et al.*, 2008), aunque los valores finales de K superan los registrados en otros suelos aluviales (Gallardo, 2003).

## 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO

### 6.1 Análisis jerarquizado de la eficacia de los tratamientos

Siguiendo el esquema introducido en la metodología, se ha analizado el efecto de los tratamientos jerárquicamente. Dado que existen diferencias significativas entre periodos en cuanto a la respuesta a los tratamientos, se ha analizado únicamente el bloque de tratamientos iniciales durante los seis meses de seguimiento previo. La lógica de elegir este momento reside en considerarlo un punto crítico para la adopción de medidas complementarias que permitan reforzar, o al menos consolidar, la reducción de la densidad lograda, que en muchos casos se aproxima o supera la mitad de la registrada en ausencia de actuación (Tabla 16). En los apartados precedentes se ha expuesto la evolución de dichos tratamientos durante el periodo completo de seguimiento, y se ha evaluado la eficacia en dos ciclos anuales de crecimiento en aquéllos que lo permitían.

Nivel 1		K-W Chisq	P	Densidad	Eficacia media 1	SE	Eficacia media 2	SE
TRAT	TESTIGO	<b>91,195</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>TRAT&gt;NO</b>				
TRAT MEC	NO (SR+TESTIGO)	<b>91,71</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>MEC&gt;NO</b>				
TRAT	Global	<b>85,35</b>	<b>&lt;0,0001</b>					
PC	TESTIGO	99,55	<0,0001	<b>PC&gt;TESTIGO</b>	51,00	3,09	-	-
PC	VER	1,68	0,194	PC=VER			45,89	3,87
PC	ROT	<b>6,52</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>PC&gt;ROT</b>			36,60	3,87
PC	RR	2,45	0,1174	PC=RR			43,57	4,11
ROT	TESTIGO	<b>35,71</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>ROT&gt;TESTIGO</b>	36,60	3,87	-	-
ROT	VER	1,85	0,1727	ROT=VER			45,89	3,87
ROT	RR	1,42	0,233	ROT=RR			43,57	4,11
RR	TESTIGO	<b>67,57</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>RR&gt;TESTIGO</b>	43,57	4,11	-	-
RR	VER	0,12	0,7228	RR=VER			45,89	3,87
VER	TESTIGO	<b>64,73</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>VER&gt;TESTIGO</b>	45,89	3,87	-	-

Tabla 16. Efecto de los distintos tipos de tratamiento sobre la densidad de tallos de carrizo al final del seguimiento inicial (septiembre 2010). Las dos primeras columnas de la izquierda indican el tipo de comparación (global o pareada) y los bloques comparados entre sí en el segundo caso. En las cuatro columnas de la derecha se presentan los valores de eficacia media para las comparaciones pareadas, excepto para las parcelas testigo que constituyen el valor de referencia (eficacia=0). En negrita las comparaciones significativas.

Nivel 1			K-W Chisq	P	Densidad	Eficacia media 1	SE	Eficacia media 2	SE
PC	Global		<b>19,81</b>	<b>&lt;0,0001</b>					
	ADOBE	ESPARTO	<b>9,72</b>	<b>&lt;0,05</b>	<b>AD &gt; ES</b>	67,50	3,76	44,28	6,26
	ADOBE	COCO	<b>17,12</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>AD &gt; CC</b>	67,50	3,76	37,85	4,49
	ESPARTO	COCO	0,41	0,5179	ES = CC	44,28	6,26	37,85	4,49
ROT	Global		<b>34,98</b>	<b>&lt;0,0001</b>					
	ADOBE	ESPARTO	<b>20,39</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>AD &gt; ES</b>	60,00	3,12	16,42	5,60
	ADOBE	COCO	<b>26,26</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>AD &gt; CC</b>	60,00	3,12	10,00	3,47
	ESPARTO	COCO	0,05	0,816	ES = CC	16,42	5,60	10,00	3,47
VER	Global		<b>13,27</b>	<b>&lt;0,01</b>					
	ADOBE	ESPARTO	<b>10,86</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>AD &gt; ES</b>	60,71	5,03	30,00	4,68
	ADOBE	COCO	<b>6,82</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>AD &gt; CC</b>	60,71	5,03	32,14	7,64
	ESPARTO	COCO	0,00	1	ES = CC	30,00	4,68	32,14	7,64
RR	Global		0,69	0,4049					
	ADOBE	ESPARTO	NA			-	-	-	-
	ADOBE	COCO	NA			-	-	-	-
	ESPARTO	COCO	0,69	0,4049	ES = CC	47,14	5,95	40,00	5,70

Tabla 17. Efecto de los distintos tipos de recubrimiento sobre la densidad de tallos de carrizo al final del periodo de seguimiento inicial (septiembre 2010). Se prueba la significación estadística de la comparación (global o pareada) dentro de los cuatro tipos de tratamiento mecánico. En las cuatro columnas de la derecha se presentan los valores de eficacia media para las comparaciones pareadas. En negrita las comparaciones significativas. El sombreado hace referencia, según su intensidad, a la eficacia relativa de las distintas combinaciones de tratamiento mecánico y material de revestimiento, destacando sólo aquellas con más de un 40% de reducción de la densidad con respecto al valor testigo.

Cuando se incorpora el efecto de los recubrimientos (Tabla 17), se observa claramente que la mayor eficacia inicial se logra mediante la aplicación de adobe+paja (>60%), existiendo además un reducido número de combinaciones con una eficacia aceptable (superando el 40% de reducción).

## 6.2 Modelos de regresión múltiple

### 6.2.1 Modelos iniciales con tiempo (“mes”) e interacción entre “trat” (tratamiento) y “cubr” (recubrimiento)

A la vista de los resultados del modelo seleccionado, en el que ninguna variable de manejo (tratamiento/cubrimiento) afecta significativamente a la variable respuesta, se



puede afirmar que el principal efecto sobre la densidad de tallos de *Phragmites australis* lo tiene el paso del tiempo. Desde que se produce la corta en febrero, se aprecia un aumento de la densidad de tallos, debido a la dinámica natural de la especie. No obstante, dentro de este patrón general se aprecia, aunque de manera marginal ( $p < 0,1$ ), un efecto negativo sobre la densidad de tallos (disminuyendo la misma) de dos tipos de tratamiento: patacabra y retirada de rizoma. Asimismo, el cubrimiento con adobe también tiene un efecto marginal negativo sobre la densidad. En consecuencia, si no se da continuidad al tratamiento (o se realizan actuaciones de repaso/refuerzo), el efecto del tiempo y la dinámica natural de la especie ocasionarán un retorno al estado de densidad previo a la intervención.

### 6.2.2 Modelos sin considerar el tiempo (“mes”) y controlando la variabilidad intrínseca al sitio no registrada (“parcela”)

Un rasgo común a todos los modelos es la bajísima devianza explicada, que en ningún caso supera el 3 %.

**MODELO I** (6 meses después del tratamiento): se aprecia, con un mayor peso, un efecto negativo significativo sobre la densidad, del tratamiento Pc (patacabra;  $p < 0,01$ ), y con menor intensidad también un efecto negativo del tratamiento Ver (vertedera;  $p < 0,05$ ).

Con respecto al tipo de recubrimiento, son Ad (adobe) y Esp (manta de esparto) los que tienen un efecto negativo y significativo ( $p < 0,01$  y  $< 0,05$ , respectivamente), con un mayor peso por parte del primero.

**MODELO II** (12 meses después del tratamiento): los dos tratamientos anteriores siguen ejerciendo un efecto negativo sobre la densidad (aunque con menor intensidad), si bien la retirada de rizomas (Rr) comienza a también a tener un efecto negativo ( $p < 0,05$  en todos los casos).

Algo parecido sucede con los recubrimientos, al cabo de un año, los dos tipos que tenían un efecto detectable a los 6 meses (Ad y Esp), siguen disminuyendo la densidad ( $p < 0,001$  y  $p < 0,05$ ), pero ahora el colchón de coco (Cc) también se erige como un tratamiento efectivo aunque a más largo plazo ( $p < 0,05$ ).



**MODELO III** (18 meses después del tratamiento): Los tratamientos Rr y Pc siguen ejerciendo un efecto negativo sobre la densidad ( $p < 0,05$  en el segundo caso, y  $p = 0,059$  en el segundo). El tratamiento con vertedera (Ver), si bien conserva un coeficiente negativo, éste ya no tiene significación estadística.

Con respecto a los recubrimientos, si bien todos mantienen coeficientes negativos que sugieren un cierto grado de control sobre la densidad, ninguno tiene un efecto estadísticamente significativo.

**MODELO IV** (23 meses después del tratamiento): Tras dos años de tratamientos, únicamente la retirada de rizoma mantiene un efecto negativo significativo ( $p < 0,05$ ), aunque con un peso progresivamente menor (desde que aparece por primera vez en el modelo II). Con respecto a los recubrimientos, ninguno tiene un efecto estadísticamente significativo.

### 6.3 *Discusión general*

La tabla 18 y la figura 43 resumen la eficacia media de los grandes bloques de tratamientos en distintos momentos del periodo cubierto por el seguimiento. La persistencia de un efecto apreciable es a lo sumo de dos años en cualquiera de ellos, si bien los modelos lineales generalizados sólo otorgan significación estadística a uno de ellos (retirada de rizoma) más allá de los 18 meses.

Aunque la densidad final no es excesiva si se compara con los valores citados en la bibliografía (Haslam, 1971; Hara *et al.*, 1993; Hardej & Ozimek, 2002; Sun *et al.*, 2004; Martín Vide, 2006), el retorno a la situación de partida haría necesario un nuevo tratamiento de control. En sistemas de drenaje monitorizados durante 4 años por Milsom *et al.* (2004), *Phragmites* sustituía gradualmente a otras especies acuáticas creciendo desde las márgenes hacia el centro del cauce, y en ausencia de tratamiento esta especie cubría totalmente el lecho sin dejar ningún espacio de aguas libres.

	Ef+6 (Julio 2010/11; ini/apl)	Ef+11 (Dic 2011; apl)	Ef+18 (Julio 2011; ini)	Ef+23 (Dic 2011, ini)
<b>ADITIVOS</b>	31,25	37,62	5,95	10,95
<b>PATACABRA</b>	51,44	32,74	14,43	6,00
<b>RIPPER+ROTOVATOR</b>	43,35	29,71	15,08	9,11
<b>RETIRADA RIZOMA</b>	48,45	17,86	19,29	14,11
<b>VERTEDERA</b>	51,53	40,05	1,79	0,36

Tabla 18. Eficacia media a lo largo del tiempo de los principales bloques de tratamientos.

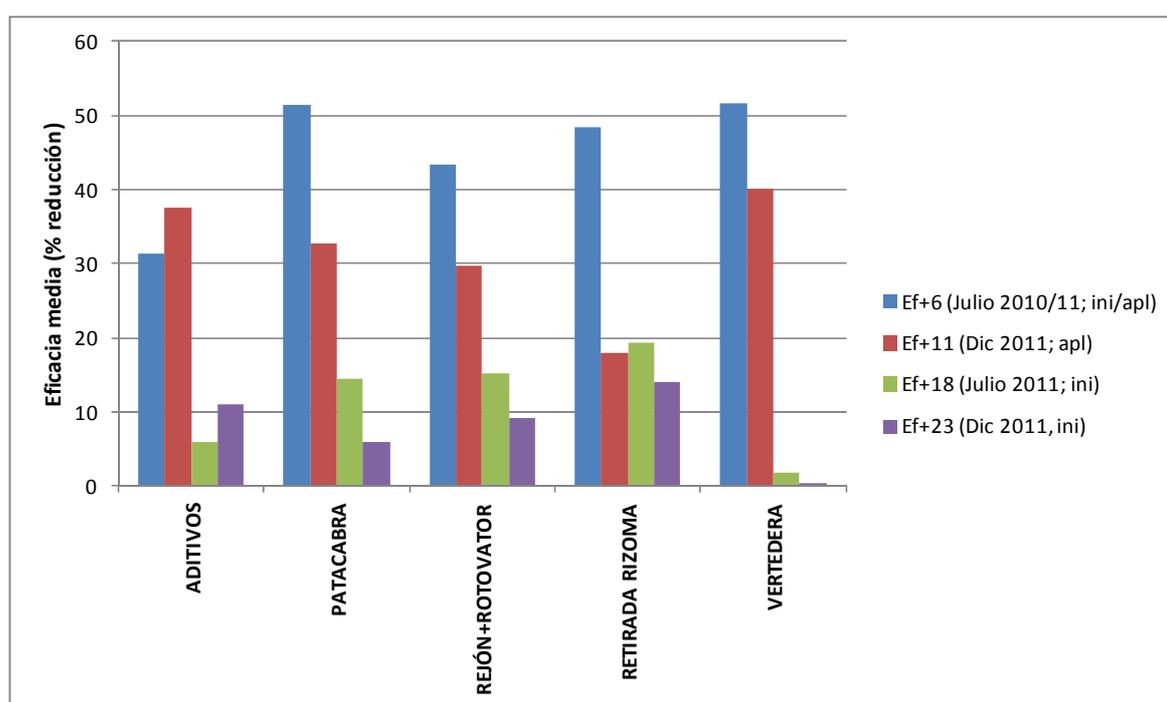


Figura 43. Eficacia media a lo largo del tiempo de los principales bloques de tratamientos.

La densidad registrada en las zonas no tratadas de la margen opuesta, valor en torno a la cuál fluctúan las parcelas cuyos tratamientos han perdido toda su eficacia, se sitúa claramente en la parte baja del rango de densidad citado en la bibliografía (Haslam, 1971; Sun *et al.*, 2004), aunque se citan valores inferiores (20-30 tallos/m<sup>2</sup>) en carrizales minimamente perturbados que tienden a maximizar su biomasa con mínima densidad (Ostendorp, 1993). El origen de la baja densidad en las parcelas testigo del Reguerón probablemente representa la herencia de actuaciones anteriores de retirada del sustrato con parte del rizoma, unido a las actuaciones periódicas de eliminación de biomasa aérea, aunque también podría obedecer a las características edáficas e hidromorfológicas del sitio.

## 6.4 Influencia de las variables ambientales registradas

### 6.4.1 Insolación

Existe una relación significativa aunque débil entre la insolación y la densidad de tallos. El modelo cuadrático es el que mejor la explica ( $R^2 = 0.05292$ ;  $p < 0,001$ ), de forma que existe un valor de densidad para el que la radiación solar que llega al suelo es máxima (Figura 44).

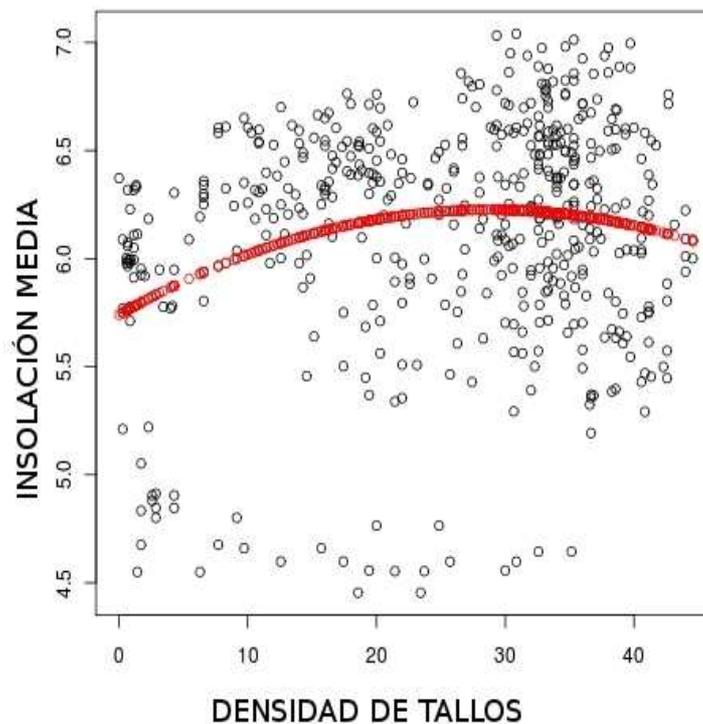


Figura 44: Relación entre el grado de insolación que recibe el suelo y la densidad de tallos de carrizo, con la curva del modelo lineal cuadrático que mejor se ajusta al conjunto de datos.

Esta relación resulta difícil de explicar considerando las variaciones internas de insolación en el cauce (no hay diferencias de densidad de tallos entre las dos bandas de muestreo), si bien la capacidad explicativa del modelo es muy baja. Haslam (1971) señala que las masas monoespecíficas de *Phragmites* extinguen totalmente de la luz incidente con densidades de 200 tallos/m<sup>2</sup> y altura modal de 1-2 m. También pueden

producirla con 30 tallos/m<sup>2</sup> cuando éstos son muy largos (2-5 m). En el caso del Reguerón ésta es precisamente la densidad que marca el máximo de radiación incidente.

### 6.4.2 Temperatura del aire

La relación entre la temperatura del aire y la densidad de tallos es lineal ( $R^2 = 0,04748$ ;  $p < 0,0001$ ), de forma que existe una ligera tendencia a que el aumento de la densidad vaya asociado a un incremento de la temperatura a nivel del suelo (Figura 45).

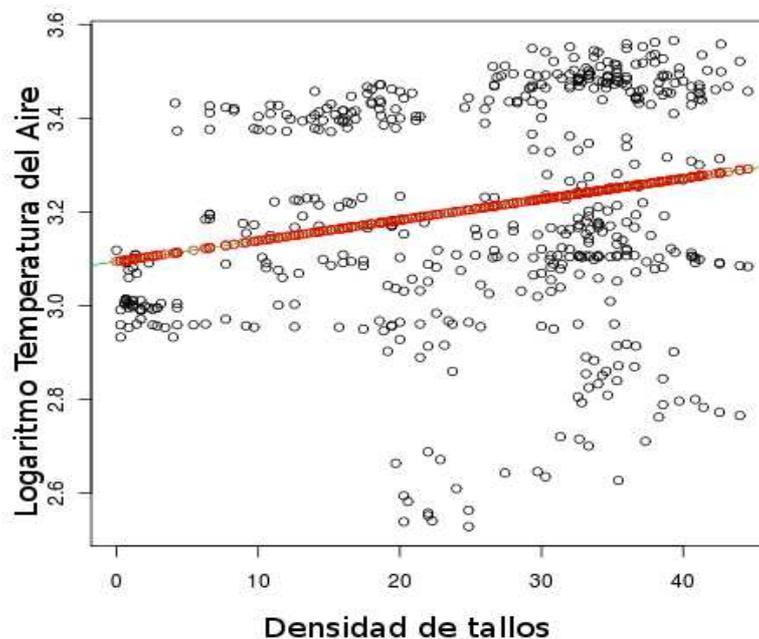


Figura 45: Relación entre la temperatura del suelo (transformada logarítmicamente) y la densidad de tallos de carrizo, con la recta del modelo lineal que mejor se ajusta al conjunto de datos.

Englener (2009) revisa algunos trabajos que analizan relaciones entre el crecimiento de *Phragmites* y esta variable ambiental. Mientras en algunos casos la temperatura afecta al crecimiento en determinados momentos del ciclo vegetativo, otros autores consideran que el crecimiento está controlado por factores internos y es relativamente independiente de la temperatura ambiente. Haslam (1971) incluye la temperatura entre los factores que afectan más a la tasa de crecimiento del carrizo, que a su densidad, y atribuye un papel preponderante a la acumulación de necromasa (hojas y

tallos senescentes) en la modificación de la temperatura dentro de las masas monoespecíficas.

### 6.4.3 Humedad atmosférica

De nuevo aparece una relación cuadrática débil entre la variable ambiental y la densidad de tallos es lineal ( $R^2 = 0,07366$ ;  $p < 0,0001$ ), de forma que existe una ligera tendencia a que con un aumento de la densidad de carrizo, la retención de humedad aumente hasta un cierto punto (Figura 46). Haslam (1971) cita la humedad ambiental entre los factores que afectan más a la tasa de crecimiento de los tallos, que a su densidad.

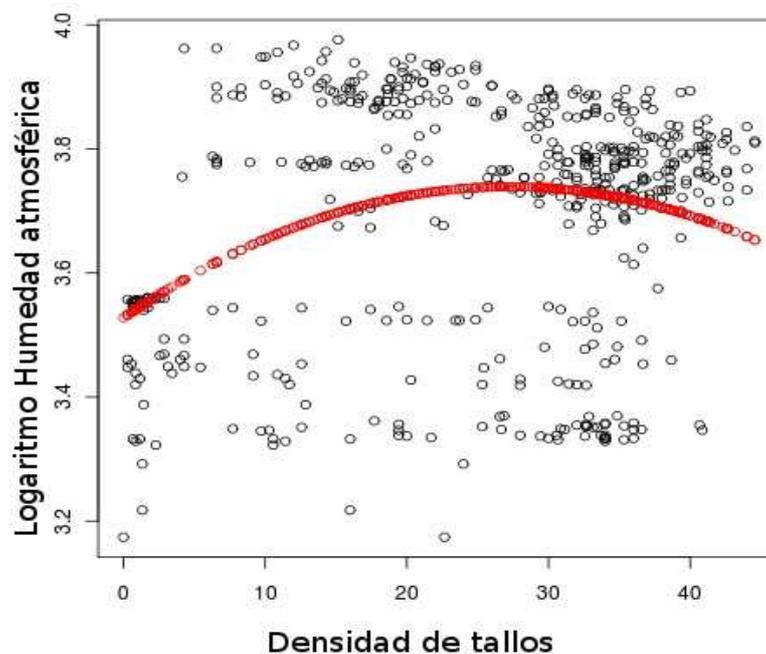


Figura 46: Relación entre la humedad atmosférica (transformada logarítmicamente) y la densidad de tallos de carrizo, con la curva del modelo cuadrático que mejor se ajusta al conjunto de datos.

### 6.4.4 Influencia de las variables de caracterización edáfica

La comparación entre los valores de caracterización inicial y final de las condiciones edáficas de las parcelas estudiadas (apartado 5.4) revela cambios

estadísticamente significativos que pueden haber afectado al desarrollo de la especie problema. En concreto, hay cambios temporales significativos en la concentración de P, K, S y Al, así como en el pH y en la conductividad eléctrica ( $p < 0,001$  en todos los casos). Todas estas variables aumentan a lo largo del seguimiento, pero parecen hacerlo con independencia de si el carrizal ha sido tratado o no, con lo que la variación parece estar reflejando una dinámica local probablemente relacionada con los cambios en la hidrología del canal durante el periodo estudiado.

Considerados conjuntamente, los análisis de suelo sólo muestran diferencias significativas entre las zonas tratadas y no tratadas para una variable, el contenido de humedad, globalmente mayor en las muestras tratadas ( $p < 0,05$ ). Dado que *Phragmites* ha tenido en todo momento una densidad más alta en las zonas no tratadas, cabe atribuir a los tratamientos y revestimientos, al menos, un cierto efecto de incrementar la capacidad de retención de agua en el suelo.

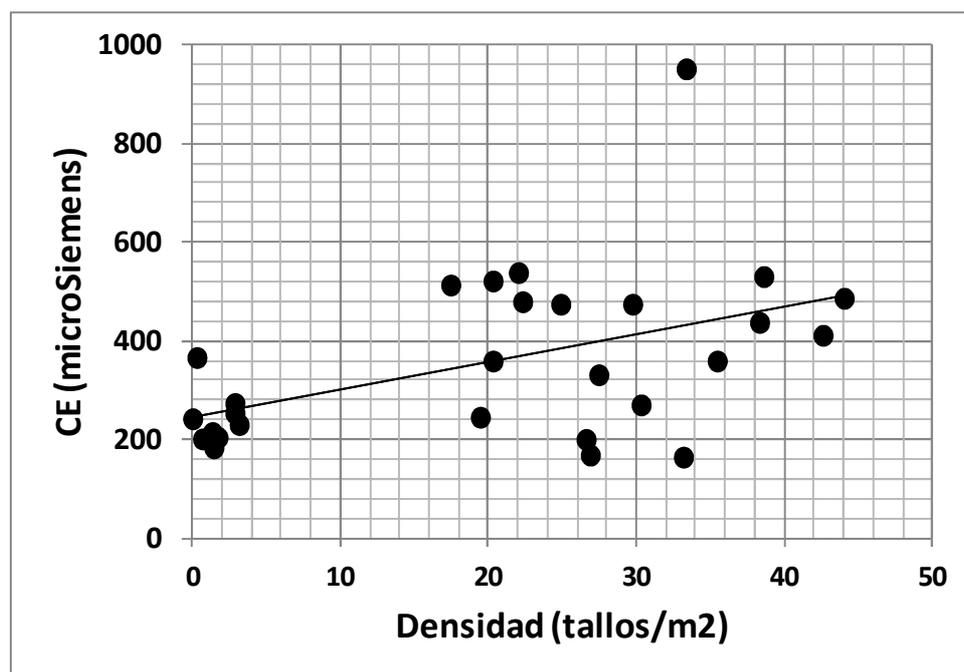


Figura 47. Relación entre la conductividad del suelo y la densidad de tallos de carrizo (modelo lineal ajustado:  $R^2: 0,20$ ;  $p = 0,008$ ), considerando el conjunto de las muestras (iniciales y finales)

Las variables que muestran cambios significativos a lo largo del seguimiento no necesariamente se relacionan con el desarrollo de la especie problema, aunque ésta podría haber contribuido en cierta medida a dichos cambios a través de modificaciones

en el entorno de las raíces o en la superficie del suelo (acumulación de necromasa). Una excepción es la relación positiva entre la conductividad eléctrica y la densidad de carrizo ( $R^2 = 0,20$ ;  $p = 0,008$ ; Figura 47), que podría ser simplemente el resultado de que ambas covarían a lo largo del tiempo en el mismo sentido, pero también está de acuerdo con la tolerancia (y con la capacidad de crecer) del carrizo a un amplio rango de salinidades (Haslam, 1972).

Sin ser un verdadero halófito, *Phragmites* puede crecer en suelos con concentraciones de sal del 40-50‰ en el agua intersticial (Mauchamp & Mésleard, 2001). No obstante, diversas investigaciones han demostrado el efecto negativo de la salinidad sobre la densidad, altura, diámetro de los tallos, biomasa y reservas acumuladas en el rizoma de esta especie (Engloner, 2009). La determinación en el campo de la tolerancia a la salinidad en *Phragmites* es, en cualquier caso, difícil, debido a la profundidad a la que penetran las raíces (Lissner & Schierup, 1997). Según estos autores, todos los estudios de campo han evaluado las salinidades del agua de inundación o edáfica únicamente en la capa más superficial de raíces, y basándose con frecuencia en una única medida, ignorando por tanto la variación en el perfil vertical del suelo y los cambios estacionales.

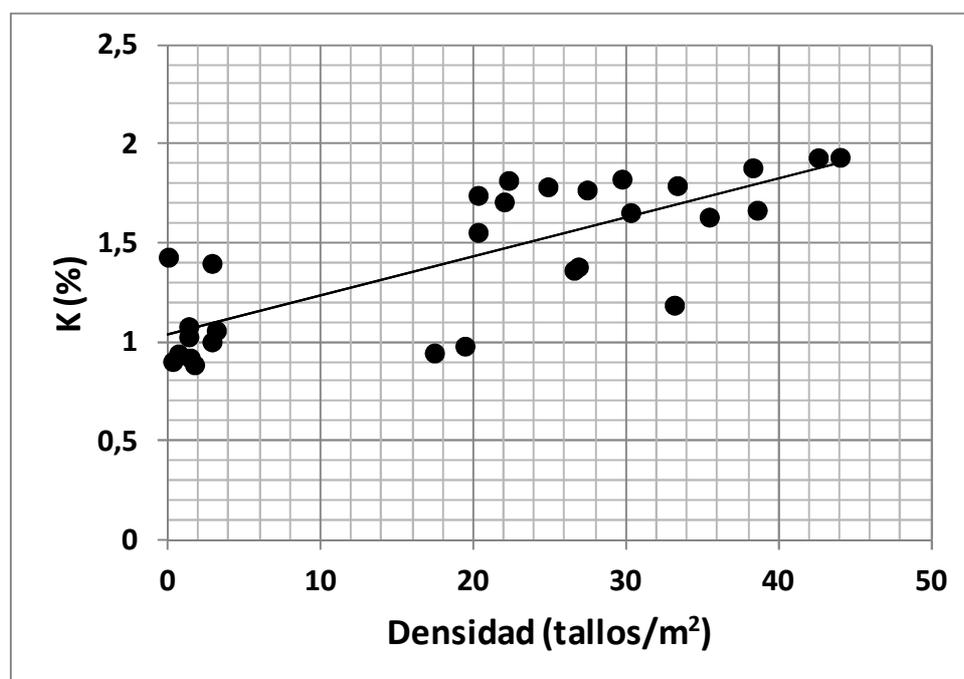


Figura 48. Relación entre el contenido de potasio y la densidad de tallos de carrizo (modelo lineal ajustado:  $R^2: 0,59$ ;  $p < 0,001$ ), considerando el conjunto de las muestras (iniciales y finales)



Otros cambios detectados, de naturaleza espacial, permitirían interpretar parte de la variabilidad en la densidad de carrizo no asociada a los tratamientos. Es el caso del contenido de potasio en el suelo, que varía espacialmente, con una tendencia a aumentar entre tramos (en el sentido  $1 < 2 << 3$ ). Además, se observa una relación positiva entre la concentración de este macroelemento y la densidad de carrizo ( $R^2 = 0,59$ ;  $p < 0,001$ ; Figura 48) que se mantiene aún considerando sólo las muestras de ejecución aplazada incluidas en el tramo 3 ( $R^2 = 0,35$ ;  $p < 0,01$ ). Ulrich & Burton (1985) señalan que la fertilización con potasio no tiene un efecto significativo sobre el crecimiento o la absorción de nutrientes en *Phragmites* (a diferencia de lo que sucede con la aportación de N y P), si bien otros autores citan incrementos significativos de K en tejidos en respuesta a una mayor concentración de este elemento en áreas contaminadas (Dinka, 1986).

## **6.5 Análisis comparativo de costes y eficacia**

En la tabla 19 se incluyen los datos relativos al coste de ejecución por unidad de superficie de diferentes tratamientos aplicados al control de carrizo 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. 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). 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 testigo) 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.

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 al carrizo como especie objetivo. De hecho, de 9 proyectos recopilados, sólo los tres de la Región de Murcia citados en el apartado 4.3.3. y uno de la cuenca del Júcar citan 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 *Phragmites australis*. 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 +6	Eficacia media +18	Persistencia (años)	Coste unitario (€/m <sup>2</sup> )		Coste anual (€/m <sup>2</sup> )
Corta y triturado mecánico de carrizo <sup>1</sup>	-	-	1	0,62		0,62
Aditivos (sin desbroce) <sup>1</sup>	28,89	6,67	2	Glifosato	0,92	0,46
				Azimsulfuron	0,94	0,47
				Cihalofob-butyl	0,92	0,46
Aditivos (con desbroce) <sup>1</sup>	33,96	9,17	2	Glifosato	1,54	0,77
				Azimsulfuron	1,56	0,78
				Cihalofob-butyl	1,54	0,77
Patacabra (+Adobe+paja) <sup>1</sup>	59,81	5,72	2	17,04		8,52
Patacabra (+Manta esparto) <sup>1</sup>	47,14	17,14	2	8,1		4,05
Patacabra (+Colchón coco) <sup>1</sup>	47,38	21,79	3	22,43		7,48
Vertedera (+Adobe+paja) <sup>1</sup>	63,81	3,93	2	17,09		8,55
Vertedera (+Manta esparto) <sup>1</sup>	48,57	2,14	2	8,15		4,08
Vertedera (+Colchón coco) <sup>1</sup>	42,22	-2,86	2	22,48		11,24
Ripper+rotovator (+Adobe+paja) <sup>1</sup>	48,93	24,29	3	17,21		5,74

Tratamiento	Eficacia media +6	Eficacia media +18	Persistencia (años)	Coste unitario (€/m <sup>2</sup> )	Coste anual (€/m <sup>2</sup> )
Ripper+rotovator (+Manta esparto) <sup>1</sup>	35,71	14,62	2	8,27	4,14
Ripper+rotovator (+Colchón coco) <sup>1</sup>	45,40	-2,86	2	22,6	11,3
Retirada rizoma (+Manta esparto) <sup>1</sup>	46,43	15,00	2	24,44	12,22
Retirada rizoma (+Colchón coco) <sup>1</sup>	50,48	23,57	3	38,77	12,92
Retroexcavadora tipo "araña" (Canal Salinas de S. Pedro) <sup>2</sup>	-	-	1	0,946	0,946
Brazo telescópico hidráulico (Rambla Albuñón) <sup>2</sup>	-	-	1	0,154	0,154
Limpieza Rambla de Miranda <sup>2</sup>	-	-	1	0,104	0,104
Roza manual c/motodesbrozadora <sup>3</sup>	-	-	1	0,085	0,085
Roza mecánica con desbrozadora forestal <sup>3</sup>	-	-	1	0,073	0,073
Desbroce mecanizado+quema <sup>4</sup>	-	-	-	1,58	-
Extracción del rizoma <sup>4</sup>	-	-	-	2,65	-
Extracción del rizoma (cazo modificado) <sup>4</sup>	-	-	-	3,88	-
Aplicación de glifosato sin tratamiento previo <sup>4</sup>	-	-	-	0,19	-
Aplicación de glifosato sobre los cortes tras eliminación parte aérea <sup>4</sup>	-	-	-	1,59	-
Cubrición mediante geotextil (incluye reconstruc terraplen) <sup>4</sup>	-	-	-	3,92	-

(1) Presente estudio

(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)

Tabla 19. Comparación de eficacia (=persistencia del tratamiento) y coste entre tratamientos, incluyendo los evaluados en el presente estudio y otros documentados.

### 6.5.1 Comparación frente a tratamientos similares en localidades afines

Sorprendentemente, de entre los tratamientos objeto del presente seguimiento (Tabla 19) sólo los basados en la aplicación de herbicidas resultan más efectivos en relación a su coste (0,46-0,78 €/año), que alguno de los aplicados en otras localidades de



la Cuenca del Segura (0,94 €/año). No obstante, éste es el tratamiento más complejo en cuanto a la maquinaria requerida (retroexcavadora tipo araña).

La persistencia de los tratamientos aplicados en el canal del Reguerón es normalmente de 2 años (3 en el mejor de los casos), lo cual dado su elevado coste total los hace difícilmente competitivos con respecto al mantenimiento habitual.

Los tratamientos más económicos en términos de coste anual (vertedera y ripper+rotovator combinados con manta orgánica de esparto) superan los 4 €/m<sup>2</sup> (más de 40.000 €/ha, o más de 64.000 €/km lineal, considerando una anchura de 2 x 8 = 16 m para ambas márgenes del cauce).

Estos tratamientos podían incrementar su efectividad si se combinan con otro tipo de actuaciones no ensayadas en el presente proyecto, como la siembra de especies competidoras o el pastoreo de las zonas tratadas, preferentemente en combinación. Cualquiera de los tratamientos inicialmente aplicados podría ser adecuado como vía de apertura del carrizal para la aplicación de estas medidas complementarias, aunque la manta orgánica podría ser el medio más económico que facilitara el establecimiento de otras especies a un coste razonable. A este respecto, ya se ha elaborado un protocolo de actuaciones adicionales que se expone en el apartado 7.1.

### **6.5.2 Comparación con otras localidades y sistemas de tratamiento**

La bibliografía y documentación sobre métodos de control de *Phragmites* es extensa y se ha generado a partir de las experiencias desarrolladas en todas aquellas zonas y situaciones donde la especie se percibe como invasora, sea o no exótica (Hawke & José, 1996; Marks *et al.*, 1993). El manejo del carrizo con finalidad de fomento de la biodiversidad también es una práctica común (Valkama *et al.*, 2008), muy ensayada en ámbitos mediterráneos (Mesleard *et al.*, 1999; Duncan & D'Herbés, 1982; Poulin & Lefebvre, 2002; Poulin *et al.*, 2009).

No obstante la eliminación o control de esta especie como medida de mantenimiento de infraestructuras hidráulicas está menos extendida y documentada, y



quizá sea en áreas mediterráneas precisamente donde menos experiencia se ha desarrollado ante la percepción de que se trata de una especie nativa e incluso beneficiosa. Recientemente algunos autores han incluso argumentado que la invasión de *Phragmites* 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). Tales funciones, o su ya citado papel para la biodiversidad habitualmente excluyen al carrizo de los listados de especies problema en medios fluviales, si bien la resistencia mecánica que ejerce obliga a considerar su efecto en la estimación de la velocidad del agua en tales medios (Velasco, 2002, 2003; Martín Vide, 2006) con vistas a prevenir inundaciones (García Lorenzo, 2010).

Por este motivo, la información publicada sobre la eficacia de otros sistemas de control aplicados al carrizo en situaciones similares a la del Canal del Reguerón es muy limitada, lo que dificulta el análisis comparativo de cualquier indicador de rendimiento frente al coste económico unitario de su aplicación.

De los tratamientos que se recogen en la tabla 19 ejecutados en otras cuencas hidrográficas, se desconoce la duración de sus efectos, pero aun considerando la peor de las situaciones (1 año de persistencia) 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 €) si se compara con la corta mecánica y trituración que precede a otros tratamientos en nuestra zona de trabajo (0,62 €).

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. El enfoque también se ha basado en la integración de tratamientos químicos, físicos y mecánicos (Ashour, 1990; Monteiro *et al.*, 1999; Turner & Warren, 2003). Una estrategia alternativa que se consigna en muchas revisiones y estudios sobre control de *Phragmites* 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). Parece que ambos enfoques serían reconciliables si se asume que



una actuación duradera es difícil de lograr sin combinar una intervención inicial energética con actuaciones posteriores de refuerzo y/o mantenimiento (Boszke *et al.*, 2005).



## 7. OTROS TRABAJOS REALIZADOS

### 7.1 *Visitas y reuniones de trabajo*

#### 7.1.1 **Visita al área de trabajo (Abril 2011)**

El 11 de abril se realizó una visita a uno de los tramos de actuación en el Canal del Reguerón, 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.

Al observar que la eficacia inicial de algunos tratamientos, relativamente alta, para controlar la regeneración de *Phragmites*, podría estar viéndose desbordada a medio plazo ante la ausencia de especies competidoras, se solicitó al equipo investigador de la Universidad de Murcia la elaboración de una propuesta de plantaciones experimentales de otras especies autóctonas capaces de competir con el carrizo, a realizar sobre los tratamientos aplicados.

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

Durante el segundo trimestre del proyecto se realizó una nueva visita para el examen *in situ* de resultados del proyecto paralelo que desarrolla la Universidad de Alicante en Guardamar del Segura. Dicha visita tuvo lugar el 6 de junio de 2011, 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*.

Aunque algunos de los tratamientos aplicados en Guardamar son similares a los utilizados en el Reguerón, 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 Jornada de presentación de resultados (Octubre 2011)**

Cabe destacar la celebración, día 14 de este mes, en el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, de 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 contó 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.

Como Anexos 9 y 10 al presente informe se incluye el orden del día de la citada jornada y el contenido de la presentación del equipo investigador de la Universidad de Murcia, que contiene las principales conclusiones y propuestas derivadas de los periodos de seguimiento completados en esa fecha (hasta septiembre de 2011).



## **7.2 Propuestas adicionales**

Durante tres últimos trimestres el equipo investigador de la Universidad de Murcia ha trabajado en la elaboración de una propuesta de plantaciones experimentales de especies herbáceas autóctonas capaces de competir con el carrizo, como refuerzo y complemento de los tratamientos aplicados.

Desde el pasado mes de abril, cuando se detecta la necesidad de este tipo de actuación complementaria en una visita a la zona de trabajo, se ha llevado a cabo proceso de análisis y diseño de la propuesta de actuación que quedó finalizado en septiembre de 2011, siendo presentada al Comisario de Aguas de la Cuenca del Segura en ese mismo mes e incorporándose al correspondiente informe mensual. El Anexo 11 recoge el contenido de dicha propuesta.



## 8. SÍNTESIS FINAL. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

Se ha expuesto, analizado y discutido la situación y evolución de las parcelas objeto de seguimiento, tras 11-23 meses desde la ejecución de los trabajos de control. En la evaluación de los resultados, hay que tener en cuenta que dichos trabajos concluyeron con un desfase de 9-11 meses (enero-febrero a noviembre-diciembre de 2010), de manera que todas las réplicas no han estado disponibles al inicio del seguimiento en el mismo estado de sucesión post-tratamiento. Por ello en este informe, como en todos los precedentes, se presentan y analizan por separado los resultados globales, y los correspondientes a los tratamientos iniciales y a los más recientes.

A modo de síntesis, los resultados de los tratamientos realizados sobre el carrizo en la zona de trabajo del canal del Reguerón han sido:

- Considerando las parcelas de ejecución inicial, existe un efecto significativamente diferente de los tratamientos mecánicos frente a la ausencia de tratamiento al final del primer ciclo de recuperación del carrizo. Dentro de los tratamientos mecánicos también existen diferencias significativas entre bloques de tratamientos pareados, y la eficacia se ordena en el sentido Patacabra > Vertedera > Retirada manual de rizoma > Ripper+rotovator
- Cuando se incorpora el efecto de los recubrimientos, se observa claramente que la mayor eficacia inicial se logra mediante la aplicación de adobe+paja (>60%), existiendo además un reducido número de combinaciones con una eficacia aceptable (superando el 40% de reducción con respecto a la densidad de zonas no tratadas de la margen opuesta)
- Los modelos lineales generalizados que utilizan como variables explicativas los tratamientos del rizoma y los revestimientos, controlando el efecto del sitio (parcela), detectan un efecto negativo sobre la densidad de carrizo que



se desvanece en la mayoría de los casos a los dos años de su aplicación, aunque el porcentaje de variabilidad que explican es muy bajo.

- Doce meses después de su aplicación, hay tres tratamientos que ejercen un efecto negativo sobre la densidad (patacabra, retirada de rizomas y vertedera). En cuanto a los recubrimientos hay tres tipos que disminuyen significativamente la densidad (adobe+paja, manta de esparto y colchón de coco). A los dieciocho meses los dos primeros tratamientos siguen ejerciendo un efecto negativo estadísticamente significativo y pero ninguno de los revestimientos. Tras dos años de tratamientos, únicamente la retirada de rizoma mantiene un efecto negativo significativo, aunque con un peso progresivamente menor.
- A medio plazo la simple retirada de rizoma sin actuaciones adicionales (revestimientos) no se diferencia de los tratamientos que sí los incluyen, si bien la mayor efectividad inicial de estos últimos podría ser aprovechada para introducir especies competidoras (gramíneas pratenses)
- Entre las variables ambientales analizadas, aparece una relación cuadrática significativa aunque débil entre la insolación y la densidad de tallos. Masas monoespecíficas de Phragmites pueden extinguir totalmente la luz incidente con densidades de 30 tallos/m<sup>2</sup> si éstos son muy largos (> 2 m). En el Reguerón esta densidad es precisamente la que marca el máximo de radiación incidente, disminuyendo por encima de dicho valor. Aparece una relación similar entre la humedad atmosférica y la densidad de tallos, que denota una ligera tendencia a que la retención de humedad aumente hasta cierto punto con el desarrollo del carrizo. Existe también una ligera tendencia a que el incremento de la densidad de tallos se asocie a un aumento de la temperatura a nivel del suelo, parámetro que puede afectar al crecimiento de Phragmites (en este caso la relación entre las variables es lineal). Además, la acumulación de necromasa parece tener un papel preponderante en la modificación de la temperatura dentro de las masas monoespecíficas de carrizo.



- La comparación entre los valores de caracterización edáfica inicial y final de las parcelas muestreadas revela cambios estadísticamente significativos que pueden haber afectado al desarrollo de la especie problema. En concreto, hay aumentos significativos en la concentración de P, K, S y Al, pH y conductividad eléctrica, que se producen con independencia de si el carrizal ha sido tratado o no, con lo que la parecen estar reflejando una dinámica local probablemente relacionada con los cambios hidrológicos en el canal durante el periodo de estudio. Consideradas conjuntamente, los análisis del suelo sólo muestran diferencias significativas entre las zonas tratadas y no tratadas para una variable, el contenido de humedad (globalmente mayor en las muestras tratadas), por lo que cabe atribuir a los tratamientos y revestimientos, al menos, un cierto efecto de incrementar la capacidad de retención de agua. El contenido de potasio varía espacialmente, con una tendencia a aumentar entre tramos (en el sentido  $1 < 2 \ll 3$ ) y una relación positiva con la densidad de carrizo. Aunque la fertilización con potasio no parece tener un efecto significativo sobre el crecimiento o la absorción de nutrientes en Phragmites, algunos autores citan incrementos significativos en tejidos en respuesta a una mayor concentración de K en el medio.
- La eficacia (% de reducción de la densidad normal en ausencia de tratamiento) decrece marcadamente con el tiempo. Los tratamientos con antigüedad de ~1 año tienen una eficacia que en promedio se sitúa entre el 37-40%, los de ~2 años entre 0,36-14,11%.
- Esta caída de la eficacia se relaciona con la pérdida de efectividad de los revestimientos y ausencia de especies herbáceas competidoras y de gestión complementaria
- Al final del periodo de seguimiento las actuaciones más eficaces son las que combinan patacabra y ripper+rotovator con adobe+paja, y retirada manual de rizoma con colchón de coco.
- La persistencia estimada para los tratamientos aplicados es normalmente de 2 años (3 en el mejor de los casos)



- Considerando el coste y persistencia estimada de los tratamientos, los más recomendables son los que combinan vertedera y ripper+rotovator con manta orgánica de esparto
- Estos tratamientos superan los 4 € de coste de aplicación por m<sup>2</sup> (más de 40.000 €/ha, o más de 64.000 €/km lineal, considerando una anchura de 2 x 8 = 16 m para ambas márgenes del cauce).
- El coste de las actuaciones es elevado en relación con su persistencia, y si se compara con otros proyectos realizados en cuencas mediterráneas supera ampliamente a los costes de mantenimiento periódico y sólo resulta competitivo sólo en algún caso frente a operaciones de eliminación de *Phragmites* de gran complejidad (debida a las condiciones locales).

Los resultados resultan de interés en cuanto a la eficacia a corto y medio plazo de los distintos tratamientos (si se considera la velocidad de recuperación de *Phragmites*). No obstante, de acuerdo con Güsewell (1997), *“incrementar la duración de un experimento de gestión sería preferible a aumentar el esfuerzo de muestreo en un año determinado o la frecuencia de investigaciones durante unos pocos años”*.

Queda manifiesto el papel que tienen los diversos tratamientos en la reducción inicial de la biomasa y por lo tanto en la generación de condiciones idóneas para reducir de forma permanente la densidad de tallos de carrizo. Estos tratamientos pueden ser ordenados en función de su coste para seleccionar aquéllos que deberían servir de punto de partida para consolidar los efectos iniciales mediante tratamientos de refuerzo o complementarios.

Aunque los valores máximos de abundancia registrados durante el estudio (en torno a 40 tallos/m<sup>2</sup>, tanto en las parcelas testigo como en los tratamientos que han agotado su eficacia) pueden considerarse bajos para las densidades que puede alcanzar la especie (Haslam, 1971; Hara *et al.*, 1993; Hardej & Ozimek, 2002; Sun *et al.*, 2004; Martín Vide, 2006), está por determinar cuál es la densidad óptima compatible con la funcionalidad hidráulica del canal desde una perspectiva hidromecánica (Raven, 1986; Velasco, 2003; Wang & Wang, 2007). Por otra parte, las complejas relaciones que se establecen entre las diversas variables morfológicas y demográficas utilizadas en las



investigaciones sobre *Phragmites australis*, en especial entre densidad, altura y grosor de los tallos (Ostendorp, 1993; Engloner, 2009), y entre éstas y diversos parámetros ambientales, aconsejan realizar estudios más detallados sobre el estado de desarrollo esperable a medio plazo en esta formación vegetal.

Cabe destacar, en la comparación de la eficacia de las diferentes combinaciones de tratamientos, que los más recomendables en términos de coste-eficacia son los que integran tratamiento mecánico de vertedera o ripper+rotovator con manta orgánica de esparto. La aplicación de este tipo de sustratos orgánicos se ha mostrado eficaz en el control de vegetación acuática permitiendo al mismo tiempo el establecimiento de otra vegetación (Caffrey, 2010). En este sentido la introducción de vegetación competitiva se ha manifestado como una opción eficaz para frenar la expansión del carrizo (Wang *et al.*, 2006).

Los tratamientos con aditivos (herbicidas) merecen investigaciones más detalladas, dada la escasa representación que han tenido en el presente proyecto y la enorme variabilidad que ha mostrado la respuesta del carrizo a su aplicación. La evaluación de su aplicabilidad probablemente tenga que basarse en otras experiencias afines en las que se ha utilizado el tratamiento químico con mayor amplitud, aunque se sabe que los efectos de éste responden en gran medida a las condiciones del sitio, de manera que lugares diferentes pueden reaccionar de distinta forma al mismo tratamiento. Ello exige que la gestión de la especie sea planificada, evaluada y re-evaluada periódicamente en cada sitio individual (Güsewell, 1997). Por otra parte, se requiere una adecuada evaluación previa de los posibles efectos colaterales sobre la biodiversidad y la salud humana (Caffrey, 1996; Back, 2010; Puértolas *et al.*, 2010) que escapan ampliamente del alcance del presente estudio.

Resulta evidente por tanto que se requieren investigaciones adicionales que integren tratamientos complementarios a las combinaciones evaluadas durante el presente seguimiento. Dichas investigaciones, que permitirían evaluar qué actuaciones pueden proporcionar un rendimiento idóneo en este tipo de infraestructuras hidráulicas, no deberían ser de una escala tan amplia como los evaluados aquí. Así, se han propuesto plantaciones experimentales de herbáceas pratenses combinadas con el pastoreo, para mantener una estructura de vegetación idónea desde la perspectiva del



funcionamiento del canal. Estas actuaciones se realizarían a una escala más reducida sobre aquellas parcelas con tratamientos previos más eficaces, y serían objeto de un seguimiento posterior. En relación con el pastoreo, hay que señalar que su uso como herramienta de gestión se ha revelado eficaz en la reducción de la densidad de carrizo en humedales y cauces fluviales, estuviera enfocada o no al fomento de la biodiversidad (Jutila, 2001; Brundage, 2010).

En relación con lo apuntado, sería conveniente realizar varios tipos de estudios adicionales relacionados con la aplicación de las recomendaciones propuestas, para determinar:

- la capacidad de las especies herbáceas introducidas de mantener la reducción inicial de densidad del carrizal (mediante el seguimiento *in situ* de tratamientos experimentales, no necesariamente de la misma escala que los actuales).
- la capacidad adicional de control de la densidad, biomasa y altura de la vegetación (de *Phragmites* y sus competidores) que pueda lograrse a través del uso del ganado como herramienta de gestión
- la densidad óptima de carrizo para garantizar la funcionalidad hidráulica del canal, integrando el efecto de esta formación en los cálculos de resistencia hidráulica.

Los dos primeros aspectos permitirían conocer la eficacia realizable (sólo en términos de reducción de la densidad), mientras que el tercero permitía establecer la densidad de carrizo admisible desde un punto de vista hidráulico. Conjugando estos dos valores sería posible implementar procedimientos de control a coste razonable, manteniendo al mismo tiempo una estructura de vegetación que puede resultar de interés para ciertos componentes de la biodiversidad asociada al medio fluvial.

Como conclusiones y recomendaciones generales, finalmente, se establecen:

- Se hace necesaria una gestión adaptativa de los proyectos de actuación (en relación con situaciones y resultados no previsibles, factores no contemplados),



para poder implementar las modificaciones necesarias sin esperar a su finalización

- La introducción de especies nativas competidoras o capaces de ocupar el espacio parece un requisito esencial incluso en ambientes tan artificializados como el Reguerón
- La combinación de métodos mecánicos y físicos con otros basados en interacciones biológicas (competencia, herbivoría) parece la estrategia óptima de control, pero son necesarios estudios adicionales para evaluar el potencial de control de las especies competidoras y el uso del ganado como herramienta complementaria.
- Dada la imposibilidad de erradicar la especie, se requiere también un esfuerzo investigador adicional para modelizar la resistencia hidráulica del canal bajo diferentes densidades de carrizo y determinar las densidades óptimas a alcanzar
- La duración del estudio parece en consecuencia excesivamente corta para extraer conclusiones de aplicación generalizada: sería deseable como mínimo prolongarlo durante 1-2 años para evaluar la persistencia de los efectos (sobre todo en los tratamientos cuya ejecución ha sido aplazada) y para el seguimiento acciones complementarias o de refuerzo



## 9. REFERENCIAS

### 9.1 Bibliografía citada en el informe<sup>6</sup>

- AILSTOCK, M.S., NORMAN, C.M. y BUSHMANN, P.J. 2001. Common Reed *Phragmites australis*: Control and effects upon biodiversity in freshwater nontidal wetlands. *Restoration Ecology*, 9 (1): 49-59.
- ALÍAS, L. J. y colaboradores. 1986-1997. *Mapas de suelos y Memorias. Escala 1:100000. Diversas Hojas del MTN. Proyecto LUCDEME*. ICONA-Universidad de Murcia.
- BATES, D. & MAECHLER, M. 2010. lme4: *Linear mixed-effects models using Eigen and syntax*. R package version 0.999375-35 (<http://CRAN.R-project.org/package=lme4>).
- BRUNDAGE, J. 2010. Grazing as a management tool for controlling *Phragmites australis* and restoring native plant biodiversity in wetlands. MSc Thesis, University of Maryland.
- CAFFREY, J.M., MILLANE, M., EVERS, S., MORAN, H. & BUTLER, M. 2010. A novel approach to aquatic weed control and habitat restoration using biodegradable jute matting. *Aquatic Invasions*, 5: 123-129.
- DINKA, 1986. The Effect of Mineral Nutrient Enrichment of Lake Balaton on the Common Reed (*Phragmites australis*). *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 21(1): 65-84.
- DOMÈNECH, R. & VILÀ, M. 2006. The role of successional stage, vegetation type and soil disturbance in the invasion of the alien grass *Cortaderia selloana*. *Journal of Vegetation Science*, 17: 591-598.
- ENGLONER, A. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (*Phragmites australis*) – A review. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(5): 331–346
- GALLARDO, A. 2003. Variability of Soil Properties in a Floodplain Forest in Northwest Spain. *Ecosystems*, 6(6): 564-576.



- 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.
- 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 Ajaunque (Murcia)*. Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia. <http://hdl.handle.net/10201/13651>
- GONZÁLEZ, J. & CANDÁS, M.A. 2004. Materia orgánica en suelos de bosques sabineros (*Juniperus thurífera* L.). *Edafología*, 11(2): 119-135.
- GOPAL, B. & MASING, V. 1990. Biology and ecology. Pp. 91-239 in: PATTEN, B.C. *et al.* (Eds.). *Wetlands and Continental Shallow Water Bodies, Vol. 1*. SPB Academic Publishing bv., The Hague, The Netherlands.
- GRYSEELS, M. 1989. Nature management experiments in a derelict reedmarsh. I: Effects of winter cutting. *Biological Conservation*, 47: 171-193.
- GÜSEWELL, S. 1997. Evaluation and management of fen meadows invaded by common reed (*Phragmites australis*). Ph. Diss., Swiss Institute of Federal Technology, Zurich.
- HARA, T., VAN DER TOORN, J. & MOOK, J. H. 1993. Growth Dynamics and Size Structure of Shoots of *Phragmites Australis*, a Clonal Plant. *Journal of Ecology*, 81, 47-60.
- HASLAM, S.M. 1971. The performance of *Phragmites communis* in relation to water supply. *Annals of Botany*, 34: 867-877.
- HASLAM, S.M. 1972. Biological flora of the British Isles: *Phragmites communis* Trin. *Journal of Ecology*, 60: 585-609
- HASLAM, S.M., KLÖTZLI, F., SUKOPP, H. & SZCZEPAŃSKI, A. 1998. The management of wetlands. Pp. 405-464 in: WESTLAKE, D.F., KVĚT, J. & SZCZEPANSKI, A. (Eds.). *The Production Ecology of Wetlands*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.

---

<sup>6</sup> No incluida en las relaciones de antecedentes recopilados.



- HAWKE, C. & JOSÉ, P. 1996. *Reedbed management for commercial and wildlife interests*. Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, UK.
- HERSHNER, C. & HAVENS, K. J. 2008. Managing Invasive Aquatic Plants in a Changing System: Strategic Consideration of Ecosystem Services. *Conservation Biology*, 22: 544-550.
- JOHNSON, W., KOCUR, R., RANKE, N. & TORCOLACCI, D. 2008. Decomposition rates and impacts on biodiversity of living *Phragmites australis* and litter in two sites along Sturgeon Bay, Michigan. Research Collections, Biological Station, University of Michigan (UMBS). <http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/61458>
- JONES, A. A. 1982. X-ray Fluorescence Spectrometry. En: PAGE, A. L., MILLAR, R. H. & KEENEY, D. R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, part 2*. ASA-SSSA: 85-121.
- JONES, A. A. 1991. X-ray Fluorescence Análisis. En: SMITH, K. A. (Ed.). *Soil Análisis. Modern Instrumentation Techniques*, 2ª ed. M. Dekker.
- JORDÁN, A. 2006. *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla. 143 pp.
- KANTRUD, H. A. 1990. Effects of vegetation manipulation on breeding waterfowl in prairie wetlands — a literature review. Pages 93-123 in: *Can livestock be used as a tool to enhance wildlife habitat?* U.S. Dept. Agric., For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-194. 123 pp. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center.
- 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](http://www.ducks.ca/fr/province/qc/nouvelle/pdf/phrag_08.pdf)
- LISSNER, J. & SCHIERUP, H.H. 1997. Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 55(4): 247–260.
- MARKS, M., LAPIN, B. & RANDALL, J. 1993. *Species Management Summary (ESA or Element Stewardship Abstract): Phragmites australis*. The Nature Conservancy - Invasive Species Initiative.



- MARTÍN VIDE, J.P. 2006. *Ingeniería de ríos*. Edicions UPC, Barcelona (2ª ed.).
- MARTÍN, L.J. & BLOSSEY, B. 2009. A Framework for Ecosystem Services Valuation. *Conservation Biology*, 23: 494-496.
- MAUCHAMP, A. & MESLEARD, F. 2001. Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marshes. *Aquatic Botany*, 70: 39–52.
- MON, R. 2008. *Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda*. Tesis Doctoral, Universidad de La Coruña.
- NORRISH, K. & CHAPPELL B. W. 1977. X-ray Fluorescence spectrometry. En: ZUSSMAN, J. (Ed.). *Physical methods in determining mineralogy* (2ª ed.). Academic Press. Inc.: 201-272.
- OSTENDORP, W. 1993. *Reed bed characteristics and significance of reeds in landscape ecology*. Konstanzer Online-Publikations-System (KOPS). <http://www.ub.uni-konstanz.de/kops/volltexte/2008/5746/>
- 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.
- 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 (*Arundo donax*) on the structure and function of a nearby Mediterranean river ecosystem. *Environmental Research*, 110: 556-564.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>.
- ROCA, A.I.; PAZ, A. & VIDAL, E. 2008. Análisis total de los elementos presentes en el suelo tras la adición de compost procedente de RSU. CONGRESO SEAE sobre "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". IV Congreso Iberoamericano Agroecología y II Encuentro Internacional de Estudiantes de Agroecología y Afines, Bullas (Murcia).
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, N.J. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: McGraw-Hill.



- 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.
- STANDISH, R.J. 2002. Experimenting with methods to control *Tradescantia fluminensis*, an invasive weed of native forest remnants in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 26: 161-170.
- SUAREZ, M.L., VIDAL-ABARCA, M.R., MONTES, C. y SOLER, A.G. 1983. La calidad de las aguas del canal de desagüe de "El Reguerón" (Río Guadalentín: Cuenca del Segura). *Anales de la Universidad de Murcia*, vol. XLII (1-4): 201-236.
- THOMPSON, D.J. & SHAY, J.M. 1989. First-year response of a *Phragmites* marsh community to seasonal burning. *Canadian Journal of Botany*, 67: 1448-1455.
- ULRICH, K.E. & BURTON, T.M. 1985. The effects of nitrate, phosphate and potassium fertilization on growth and nutrient uptake patterns of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany*, 21: 53-62.
- VELASCO, D., BATEMAN, A., REDONDO, J.M. & DEMEDINA, V. 2002. *Estudio teórico y experimental de la resistencia al flujo y caracterización turbulenta de rugosidad flexible en lechos*. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana.
- VELASCO, D., BATEMAN, A., REDONDO, J.M. & DEMEDINA, V. 2003. An Open Channel Flow Experimental and Theoretical Study of Resistance and Turbulent Characterization over Flexible Vegetated Linings. *Flow, Turbulence and Combustion*, 70: 69-88.
- WANG, C. & WANG, P. 2007. Hydraulic Resistance Characteristics of Riparian Reed Zone in River. *Journal of Hydrologic Engineering ASCE*, 12(3): 267-272.
- WELLER, M.W. 1978. Management of freshwater marshes for wildlife. En: GOOD, R.E., WHIGHAM, D.F. y SIMPSON, R.L. (Eds.). *Freshwater Wetlands*. Academic Press, N.Y. Pp.: 267-284.



## 9.2 Resultados de búsquedas

### 9.2.1 Base de datos ICYT

Salida de documentos de ICYT - Ciencia y Tecnología:

Descriptor: "*Phragmites australis*" y "carrizo"

Núm. Registro.....: 201226

Autores.....: Poulin, Brigitte; Duborper, Emilien; Lefebvre, Gaëtan

Tít. en español.....: Migración prenupcial de una especie globalmente amenazada, el carricerín cejudo *Acrocephalus paludicola*, en el sur de Francia

Tít. en inglés.....: Spring stopover of the globally threatened aquatic warbler *Acrocephalus paludicola* in Mediterranean France

Lugar de trabajo....: Tour Valat Research Center, Arles, Francia

ISSN de la revista..: 0570-7358

Título Revista.....: Ardeola. Revista ibérica de ornitología

Datos fuente.....: 2010, 57(1): 167-173, 26 Ref

Clasif. texto.....: Ornitología

Descriptor.....: Aves; Passeriformes; Sylviidae; Carriceros (*Acrocephalus*); Migración; Cantos de aves; Selección de habitat; Ecología; Especies amenazadas

Topónimos.....: Francia

CopyRight.....: © CSIC. Base de Datos ICYT. Todos los derechos reservados.

Núm. Registro.....: 193630

Autores.....: García García, Mercedes; Cabezas Beaumont, Alvaro; Comín Sebastián, Francisco

Tít. en español.....: Utilización de humedales construidos de flujo superficial en el tratamiento de aguas residuales de origen urbano-industrial

Tít. en inglés.....: Free water surface constructed wetlands for urban-industrial wastewater treatment

Lugar de trabajo....: Inst. Piren. Ecol. CSIC, Zaragoza, España

ISSN de la revista..: 0211-8173

Título Revista.....: Tecnología del agua

Datos fuente.....: 2009, 29(306): 32-40, 25 Ref

Clasif. texto.....: Tecnología de aguas residuales

Descriptor.....: Aguas residuales; Depuración biológica; Humedales; Sólidos en suspensión; Industria cerámica; Carrizales

Núm. Registro.....: 199530

Autores.....: Arce, María Isabel; Gómez, Rosa; Vidal-Abarca, María del Rosario; Suárez, María Luisa

Tít. en español.....: Efecto del crecimiento de *Phragmites australis* en la retención de nitrógeno en un río intermitente.

Tít. en inglés.....: Effects of *Phragmites australis* growth on nitrogen retention in a temporal stream.

Lugar de trabajo....: Dep. Ecology Hydrology Fac. Biology Univ. Murcia Campus Espinardo, Espinardo (Murcia), España

ISSN de la revista..: 0213-8409

Título Revista.....: Limnetica

Datos fuente.....: 2009, 28(2): 229-241, 55 Ref



- Clasif. texto.....: Florística; Limnología  
Descriptores.....: Flora vascular; Poaceae; Tierras de regadío; Especies aloctonas; Nitrógeno;  
Retención; Cuencas fluviales; Carrizo (*Phragmites australis*)
- Núm. Registro.....: 198236  
Autores.....: Vera, Pablo; Marín, Marcial; Belda, Eduardo J.; Monrós, Juan S.  
Tít. en español.....: Estructura y composición del nido del Escribano Palustre Iberoriental *Emberiza schoeniclus witherbyi*.  
Tít. en inglés.....: Nest structure and composition in the Eastern Iberian Reed Bunting *Emberiza schoeniclus witherbyi*.  
Tít. otros idiomas...: Estructura i composició del niu del Repicatalons *Emberiza schoeniclus witherbyi*.  
Lugar de trabajo....: Instituto Cavanilles Biodiversidad Biología Evolutiva Univ. Valencia, Valencia, España; Instituto Investigación Gestión Integrada Zonas Costeras Univ. Politécnica Valencia, Gandía (Valencia), España  
URL.....: [http://www.ornitologia.org/publicacions/25\\_43\\_48.pdf](http://www.ornitologia.org/publicacions/25_43_48.pdf)  
ISSN de la revista..: 1697-4697  
Titulo Revista.....: Revista catalana d'ornitologia  
Datos fuente.....: 2009, 25: 43-48, 23 Ref  
Clasif. texto.....: Ornitología  
Descriptores.....: Aves; Passeriformes; Escribano palustre (*Emberiza schoeniclus*); Nidos; Tamaño; Características; Nidificación; Selección de habitat; Parques nacionales  
Topónimos.....: Ciudad Real; España
- Núm. Registro.....: 199344  
Autores.....: Aguilera, H.; Moreno, L.; Castaño, S.; Jiménez, M. E.; de la Losa, A.  
Tít. en español.....: Contenido y distribución espacial de nutrientes móviles en la zona no saturada en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel  
Tít. en inglés.....: Nutrient content and its spatial distribution in the unsaturated zone at the Las Tablas de Daimiel National Park  
Lugar de trabajo....: Inst. Geológico Minero España (IGME), Madrid, España  
URL.....: [http://www.igme.es/internet/Boletin/2009/120\\_3\\_2009/8-ARTICULO%205%20393-408.pdf](http://www.igme.es/internet/Boletin/2009/120_3_2009/8-ARTICULO%205%20393-408.pdf)  
ISSN de la revista..: 0366-0176  
Titulo Revista.....: Boletín Geológico y Minero  
Datos fuente.....: 2009, 120(3): 393-407, 31 Ref  
Clasif. texto.....: Geología; Hidrogeología  
Descriptores.....: Ecosistemas acuáticos; Parques Nacionales; Factor antrópico; Materia orgánica; Nutrientes; Distribución espacial  
Topónimos.....: Tablas de Daimiel; Ciudad Real; España
- Núm. Registro.....: 199847  
Autores.....: Sahuquillo, Maria; Miracle, Maria Rosa; Rieradevall, Maria; Kornijów, Riyzard  
Tít. en español.....: Comunidades de macroinvertebrados asociados al carrizo en humedales mediterráneos, con especial atención a los Chironomidae (Diptera)  
Tít. en inglés.....: Macroinvertebrates assemblages on reed beds, with special attention to Chironomidae (Diptera), in Mediterranean shallow lakes  
Lugar de trabajo....: Dep. Microbiología Ecología Univ. València, Burjassot (València), España; Dep. Ecología Univ. Barcelona, Barcelona, España; Dep. Hydrobiol Ichthyobiol Univ. Agriculture Lublin, Lublin, Polonia  
URL.....: [http://www.limnetica.com/Limnetica/limne27b/L27b239\\_macroinvertebrates\\_mediterranean\\_shallow\\_lakes.pdf](http://www.limnetica.com/Limnetica/limne27b/L27b239_macroinvertebrates_mediterranean_shallow_lakes.pdf)  
ISSN de la revista..: 0213-8409  
Titulo Revista.....: Limnetica  
Datos fuente.....: 2008, 27(2): 239-250, 28 Ref  
Clasif. texto.....: Fitosociología; Ecología animal



Descriptorios.....: Macroinvertebrados; Humedales; Aguas someras; Diptera; Chironomidae  
Topónimos.....: Comunidad Valenciana; España

Núm. Registro.....: 195424

Autores.....: Bataller, José Vicente; Forteza,, Ana; Sancho, Vicente

Tít. en español.....: Datos sobre la ecología y distribución del galápago europeo en Valencia (Este de España)

Tít. en inglés.....: Some data on ecology and distribution of the European pond turtle in the Valencia Region (Eastern Spain)

Lugar de trabajo.....: Centro Recuperación Fauna "La Granja de El Saler", El Saler (Valencia), España

ISSN de la revista..: 0213-6686

Título Revista.....: Revista española de herpetología

Datos fuente.....: 2008, 22: 93-102, 21 Ref

Clasif. texto.....: Herpetología

Descriptorios.....: Herpetología; Reptilia; Testudines; Emydidae; Galápago europeo (*Emys orbicularis*); Ecología; Biometría; Tamaño de población

Topónimos.....: Valencia; España

Núm. Registro.....: 188873

Autores.....: García, Josep; Bonfil, Jaume

Tít. en español.....: Evolución temporal de la población reproductora de Garza Real, *Ardea Cinerea*, en Cataluña (Noreste de España) durante el período 1940-2004. Selección de biotopos y estado de las colonias.

Tít. en inglés.....: Evolution of the breeding population of Grey Heron, *Ardea cinerea*, in Catalonia (North east of Spain) between the years 1940-2004. The current heronries and their conservation status.

Lugar de trabajo.....: Parc Zoològic Barcelona (B:SM), Barcelona, España; Dep. Medi Ambient Habitatge (Delegació Territorial) Generalitat Catalunya, Llérida, Llérida España

ISSN de la revista..: 0214-0896

Título Revista.....: Ecología

Datos fuente.....: 2007, 21: 121-144, 53 Ref

Clasif. texto.....: Ornitología

Descriptorios.....: Aves; Ciconiiformes; Ardeidae; Garza real (*Ardea cinerea*); Reproducción animal; Variación estacional

Núm. Registro.....: 163566

Autores.....: Rodrigo, María A.; Armengol, Xavier; Oltra, Rafael; Colom, William

Tít. en español.....: Caracterización física y química de un humedal protegido en El Fondo d'Elx (Alicante, España).

Tít. en inglés.....: Physical and chemical characterization of a protected wetland area in El Fondo d'Elx (Alicante, Spain).

Lugar de trabajo.....: Inst. "Cavanilles" Biodiv. Biol. Evol. Univ. Valencia, Burjassot (Valencia), España; Fund. Medioambient., Burjassot (Valencia), España

URL.....:

<http://www.limnetica.com/Limnetica/limne21a/L21a37.Physical.chemical.characterization.protected.wetland.Fondo.Elx.Spain.pdf>

ISSN de la revista..: 0213-8409

Título Revista.....: Limnetica

Datos fuente.....: 2002, 21 (1-2): 37-46, 26 Ref

Clasif. texto.....: Limnología

Descriptorios.....: Ecosistemas acuáticos; Humedales; Contaminación de aguas; Nutrientes minerales; Salinidad

Topónimos.....: Alicante; España

Núm. Registro.....: 142376



Autores.....: Puigserver, G.; Espinosa, J.; Morlans, E.; Rodríguez, R.; Tapias, R.; Joy, M.  
Tít. en español.....: Silvopascicultura: justificación para la recuperación de los bovinos mallorquines.  
Tít. en inglés.....: Silvopasciculture: justification of the majorcan bovines recovery.  
Lugar de trabajo.....: Inst. Biol. Anim. Baleares, Palma de Mallorca, España  
URL.....: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/articulo.php?codigo=283>  
ISSN de la revista..: 0004-0592  
Titulo Revista.....: Archivos de zootecnia  
Datos fuente.....: 2000, 49 (185-186): 259-267, 4 Ref  
Clasif. texto.....: Bovinos  
Descriptores.....: Ganado bovino; Gestión ambiental; Explotaciones ganaderas; Alimentación animal; Biotopos  
Topónimos.....: Mallorca; España

Núm. Registro.....: 145418  
Autores.....: Villarán, A.  
Tít. en español.....: Parámetros reproductivos del aguilucho lagunero occidental *Circus aeruginosus* en el sur de Madrid.  
Lugar de trabajo.....: Dep. Biol. Geol. [IES], Colmenar Viejo (Madrid), España  
ISSN de la revista..: 0214-0896  
Titulo Revista.....: Ecología  
Datos fuente.....: 2000, (14): 285-290, 19 Ref  
Clasif. texto.....: Ornitología  
Descriptores.....: Reproducción animal; Aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*); Puesta de huevos; Eclosión; Exito reproductor; Selección de hábitat  
Topónimos.....: Madrid; España

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  
ISSN de la revista..: 1131-7965  
Titulo Revista.....: Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales  
Datos fuente.....: 2009, 18(3): 289-295, 21 Ref  
Clasif. texto.....: Productos  
Descriptores.....: Graminaceae; Barreras acústicas; Insectos xilófagos; Durabilidad; Caña común (*Arundo donax*)

Núm. Registro.....: 199847  
Autores.....: Sahuquillo, Maria; Miracle, Maria Rosa; Rieradevall, Maria; Kornijów, Riyzard  
Tít. en español.....: Comunidades de macroinvertebrados asociados al carrizo en humedales mediterráneos, con especial atención a los Chironomidae (Diptera)  
Tít. en inglés.....: Macroinvertebrates assemblages on reed beds, with special attention to Chironomidae (Diptera), in Mediterranean shallow lakes  
Lugar de trabajo.....: Dep. Microbiología Ecología Univ. València, Burjassot (València), España; Dep. Ecología Univ. Barcelona, Barcelona, España; Dep. Hydrobiol Ichthyobiol Univ. Agriculture Lublin, Lublin, Polonia  
ISSN de la revista..: 0213-8409  
Titulo Revista.....: Limnetica  
Datos fuente.....: 2008, 27(2): 239-250, 28 Ref



- Clasif. texto.....: Fitosociología; Ecología animal  
Descriptores.....: Macroinvertebrados; Humedales; Aguas someras; Diptera; Chironomidae  
Topónimos.....: Comunidad Valenciana; España
- Núm. Registro.....: 185177  
Autores.....: Gil Rodríguez, Manuel  
Tít. en español.....: Depuración de aguas residuales urbanas utilizando un humedal artificial aerobio  
Tít. en inglés.....: Urban wastewater process by aerobic constructed wetland  
Lugar de trabajo.....: Cons. Super. Invest. Cient. Univ. Politec. Madrid Esc. Tec. Super. Ing. Caminos Canales y Puertos Ing. Sanit. Ambient., Madrid, España  
ISSN de la revista...: 0211-8173  
Titulo Revista.....: Tecnología del agua  
Datos fuente.....: 2007, 27(287): 54-58, 14 Ref  
Clasif. texto.....: Tecnología de aguas residuales  
Descriptores.....: Aguas residuales urbanas; Depuración biológica; Humedales; Flujo
- Núm. Registro.....: 173298  
Autores.....: Ribeiro Orge, María Dolores; Alvarez Cobelas, Miguel; Riobos, Palmira; Cirujano, Santos  
Tít. en español.....: Descomposición de helófitos en un humedal semiárido hipertrófico  
Lugar de trabajo.....: Dep. Cienc. Exactas Terra Univ. Bahía (UNEB), Bahía, Brasil; Cent. Cienc. Medioambient., Madrid, España; R. Jard. Bot. (CSIC), Madrid, España  
ISSN de la revista...: 0211-1322  
Titulo Revista.....: Anales del Jardín Botánico de Madrid  
Datos fuente.....: 2004, 61(1): 53-61, 34 Ref  
Clasif. texto.....: Fitosociología  
Descriptores.....: Plantas vasculares; Vegetación acuática; Materia orgánica; Hojarasca forestal; Humedales  
Topónimos.....: Las Tablas de Daimiel; Ciudad Real; España

## 9.2.2 Bibliografía recopilada (Web of Knowledge+Google Scholar)

1. AILSTOCK, M. S., NORMAN, C. M. & BUSHMANN, P. J. 2001. Common Reed *Phragmites australis*: Control and Effects Upon Biodiversity in Freshwater Nontidal Wetlands. *Restoration Ecology*, 9, 49-59.
2. ALLIRAND, J. M. & GOSSE, G. 1995. An above-ground biomass production model for a common reed (*Phragmites communis* Trin.) stand. *Biomass and Bioenergy*, 9, 441-448.
3. ALVAREZ, M., TRON, F. & MAUCHAMP, A. 2005. Sexual versus asexual colonization by *Phragmites australis*: 25-year reed dynamics in a mediterranean marsh, Southern France. *Wetlands*, 25, 639-647.
4. AMSBERRY, L., BAKER, M. A., EWANCHUK, P. J. & BERTNESS, M. D. 2000. Clonal integration and the expansion of *Phragmites australis*. *Ecological Applications*, 10, 1110-1118.
5. ARIZAGA, J. & ALONSO, D. 2005. Migración e invernada del pájaro moscón (*Remiz pendulinus*) en la marisma de Txingudi (N de España). *Munibe*, 56, 145-154.



6. ARMSTRONG, J., ARMSTRONG, W., ARMSTRONG, I. B. & PITTAWAY, G. R. 1996. Senescence, and phytotoxin, insect, fungal and mechanical damage: Factors reducing convective gas-flows in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 54, 211-226.
7. ASAEDA, T. & KARUNARATNE, S. 2000. Dynamic modeling of the growth of *Phragmites australis*: model description. *Aquatic Botany*, 67, 301-318.
8. ASAEDA, T., RAJAPAKSE, L., MANATUNGE, J. & SAHARA, N. 2006. The effect of summer harvesting of *Phragmites australis* on growth characteristics and rhizome resource storage. *Hydrobiologia*, 553, 327-335.
9. 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.
10. ATTILA I, E. 2004. Annual growth dynamics and morphological differences of reed (*Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steudel) in relation to water supply. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199, 256-262.
11. ATTILA I, E. 2009. Structure, growth dynamics and biomass of reed (*Phragmites australis*) – A review. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204, 331-346.
12. AUSDEN, M., HALL, M., PEARSON, P. & STRUDWICK, T. 2005. The effects of cattle grazing on tall-herb fen vegetation and molluscs. *Biological Conservation*, 122, 317-326.
13. BARBRAUD, C., LEPLEY, M., MATHEVET, R. & MAUCHAMP, A. 2002. Reedbed selection and colony size of breeding Purple Herons *Ardea purpurea* in southern France. *Ibis*, 144, 227-235.
14. BART, D. & HARTMAN, J. 2002. Environmental constraints on early establishment of *Phragmites Australis* in salt marshes. *Wetlands*, 22, 201-213.
15. BART, D. & HARTMAN, J. 2003. The role of large rhizome dispersal and low salinity windows in the establishment of common reed, *Phragmites australis*, in salt marshes: New links to human activities. *Estuaries and Coasts*, 26, 436-443.
16. BEEMSTER, 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.
17. BLOSSEY, B. 2003. A framework for evaluating potential ecological effects of implementing biological control of *Phragmites australis*. *Estuaries and Coasts*, 26, 607-617.
18. BOEDELTE, G., SMOLDERS, A. J. P., ROELOFS, J. G. M. & VAN GROENENDAEL, J. M. 2001. Constructed shallow zones along navigation canals: vegetation establishment and change in relation to environmental characteristics. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11, 453-471.
19. BONANNO, G. & GIUDICE, R. 2010. Application of Two Quality Indices as Monitoring and Management Tools of Rivers. Case Study: The Imera Meridionale River, Italy. *Environmental Management*, 45, 856-867.
20. BRESCIANI, M., SOTGIA, C., FILA, G. L., MUSANTI, M. & BOLPAGNI, R. 2011. Assessing common reed bed health and management strategies in Lake Garda (Italy) by



- means of Leaf Area Index measurements. *Italian Journal of Remote Sensing-Rivista Italiana Di Telerilevamento*, 43, 9-22.
21. BRESCIANI, M., STROPPIANA, D., FILA, G., MONTAGNA, M. & GIARDINO, C. 2009. Monitoring reed vegetation in environmentally sensitive areas in Italy. *Rivista Italiana Di Telerilevamento*, 41, 125-137.
  22. BRIAN R, S. & MARK D, B. 2004. Shoreline Development Drives Invasion of *Phragmites australis* and the Loss of Plant Diversity on New England Salt Marshes. *Conservation Biology*, 18, 1424-1434.
  23. BURDICK, D. & KONISKY, R. 2003. Determinants of expansion for *Phragmites australis*, common reed, in natural and impacted coastal marshes. *Estuaries and Coasts*, 26, 407-416.
  24. BURDICK, D. M., BUCHSBAUM, R. & HOLT, E. 2001. Variation in soil salinity associated with expansion of *Phragmites australis* in salt marshes. *Environmental and Experimental Botany*, 46, 247-261.
  25. BURNSIDE, N. G., JOYCE, C. B., PUURMANN, E. & SCOTT, D. M. 2007. Use of vegetation classification and plant indicators to assess grazing abandonment in Estonian coastal wetlands. *Journal of Vegetation Science*, 18, 645-654.
  26. CAFFREY, J. M. 1996. Glyphosate in fisheries management. *Hydrobiologia*, 340, 259-263.
  27. CAFFREY, J. M. & BEGLIN, T. 1996. Bankside stabilisation through reed transplantation in a newly constructed Irish canal habitat. *Hydrobiologia*, 340, 349-354.
  28. CARLSON, M. L., KOWALSKI, K. P. & WILCOX, D. A. 2009. Promoting Species Establishment in a *Phragmites*-Dominated Great Lakes Coastal Wetland. *Natural Areas Journal*, 29, 263-280.
  29. CHAMBERS, R. M., HAVENS, K. J., KILLEEN, S. & BERMAN, M. 2008. COMMON REED PHRAGMITES AUSTRALIS OCCURRENCE AND ADJACENT LAND USE ALONG ESTUARINE SHORELINE IN CHESAPEAKE BAY. *Wetlands*, 28, 1097-1103.
  30. CHAMBERS, R. M., MEYERSON, L. A. & SALTONSTALL, K. 1999. Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America. *Aquatic Botany*, 64, 261-273.
  31. CHAMBERS, R. M., OSGOOD, D. T. & KALAPASEV, N. 2002. Hydrologic and chemical control of *Phragmites* growth in tidal marshes of SW Connecticut, USA. *Marine Ecology-Progress Series*, 239, 83-91.
  32. CLEVERING, O. A. 1999. The effects of litter on growth and plasticity of *Phragmites australis* clones originating from infertile, fertile or eutrophicated habitats. *Aquatic Botany*, 64, 35-50.
  33. CLEVERING, O. A. & VAN DER TOORN, J. 2000. Observations on the colonization of a young polder area in the Netherlands with special reference to the clonal expansion of *Phragmites australis*. *Folia Geobotanica*, 35, 375-387.
  34. COOPS, H., VULINK, J. T. & VAN NES, E. H. 2004. Managed water levels and the expansion of emergent vegetation along a lakeshore. *Limnologica*, 34, 57-64.



35. COWIE, N. R., SUTHERLAND, W. J., DITLHOGO, M. K. M. & JAMES, R. 1992. THE EFFECTS OF CONSERVATION MANAGEMENT OF REED BEDS .2. THE FLORA AND LITTER DISAPPEARANCE. *Journal of Applied Ecology*, 29, 277-284.
36. CROOKS, J. A. 2005. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Ecoscience*, 12, 316-329.
37. DAWSON, F. H. 1986. LIGHT REDUCTION TECHNIQUES FOR AQUATIC PLANT CONTROL. *Lake and Reservoir Management*, 2, 258-262.
38. DAWSON, F. H. & HALLOWS, H. B. 1983. Practical applications of a shading material for macrophytes control in watercourses. *Aquatic Botany*, 17, 301-308.
39. DERR, J. F. 2008a. Common Reed (*Phragmites Australis*) Response to Mowing and Herbicide Application. *Invasive Plant Science and Management*, 1, 12-16.
40. DERR, J. F. 2008b. Common Reed (*Phragmites australis*) Response to Postemergence Herbicides. *Invasive Plant Science and Management*, 1, 153-157.
41. DINGEMANS, B. J. J., BAKKER, E. S. & BODELIER, P. L. E. 2011. Aquatic herbivores facilitate the emission of methane from wetlands. *Ecology*, 92, 1166-1173.
42. DITLHOGO, M. K. M., JAMES, R., LAURENCE, B. R. & SUTHERLAND, W. J. 1992. THE EFFECTS OF CONSERVATION MANAGEMENT OF REED BEDS .1. THE INVERTEBRATES. *Journal of Applied Ecology*, 29, 265-276.
43. DOMÈNECH, R. & VILÀ, M. 2006. The role of successional stage, vegetation type and soil disturbance in the invasion of the alien grass *Cortaderia selloana*. *Journal of Vegetation Science*, 17, 591-598.
44. DYKYJOVÁ, D., HEJNÝ, S. & KVĚT, J. 1973. Proposal for International Comparative Investigations of Production by Stands of Reed (*Phragmites Communis*). *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 8, 435-442.
45. ESSELINK, P., FRESCO, L. F. M. & DIJKEMA, K. S. 2002. Vegetation change in a man-made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage. *Applied Vegetation Science*, 5, 17-32.
46. ESSELINK, P., ZIJLSTRA, W., DIJKEMA, K. S. & VAN DIGGELEN, R. 2000. The effects of decreased management on plant-species distribution patterns in a salt marsh nature reserve in the Wadden Sea. *Biological Conservation*, 93, 61-76.
47. FERREIRA, CATARINO & MOREIRA 1998a. Aquatic weed assemblages in an Iberian drainage channel system and related environmental factors. *Weed Research*, 38, 291-300.
48. FERREIRA, M. T., CATARINO, L. & MOREIRA, I. 1998b. Aquatic weed assemblages in an Iberian drainage channel system and related environmental factors. *Weed Research*, 38, 291-300.
49. FOGLI, S., MARCHESINI, R. & GERDOL, R. 2002. Reed (*Phragmites australis*) decline in a brackish wetland in Italy. *Marine Environmental Research*, 53, 465-479.
50. GILBERT, G., TYLER, G. A., DUNN, C. J. & SMITH, K. W. 2005. Nesting habitat selection by bitterns *Botaurus stellaris* in Britain and the implications for wetland management. *Biological Conservation*, 124, 547-553.



51. GRANÉLI, W. 1990. STANDING CROP AND MINERAL-CONTENT OF REED, PHRAGMITES-AUSTRALIS (CAV) TRIN EX STEUDEL, IN SWEDEN - MANAGEMENT OF REED STANDS TO MAXIMIZE HARVESTABLE BIOMASS. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 25, 291-302.
52. GRANÉLI, W., WEISNER, S. E. B. & SYTSMA, M. D. 1992. Rhizome dynamics and resource storage in *Phragmites australis*. *Wetlands Ecology and Management*, 1, 239-247.
53. GRAVELAND, J. 1998. Reed die-back, water level management and the decline of the Great Reed Warbler *Acrocephalus arundinaceus* in The Netherlands. *Ardea*, 86, 187-201.
54. GRIES, C., KAPPEN, L. & LOSCH, R. 1990. Mechanism of Flood Tolerance in Reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *New Phytologist*, 114, 589-593.
55. GUNNAR, B. 1985. Influence of winter harvest on stand structure and biomass production of the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) trin. ex steud. in Lake Tåkern, Southern Sweden. *Biomass*, 7, 303-319.
56. GUSEWELL, S. & KLOTZLI, F. 1998. Abundance of common reed (*Phragmites australis*), site conditions and conservation value of fen meadows in Switzerland. *Acta Botanica Neerlandica*, 47, 113-129.
57. GÜSEWELL, S. & KLÖTZLI, F. 2000. Assessment of aquatic and terrestrial reed (*Phragmites australis*) stands. *Wetlands Ecology and Management*, 8, 367-373.
58. HAFNER, H. & FASOLA, M. 1997. Long-term monitoring and conservation of herons in France and Italy. *Colonial Waterbirds*, 20, 298-305.
59. HANS, B. 1990. Uptake and photosynthetic utilization of sediment-derived carbon by *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany*, 38, 377-389.
60. HARDEJ, M. & OZIMEK, T. 2002. The effect of sewage sludge flooding on growth and morphometric parameters of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Ecological Engineering*, 18, 343-350.
61. HARTIG, E. K., GROZEV, O. & ROSENZWEIG, C. 1997. Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: Vulnerability, adaptation and policy. *Climatic Change*, 36, 107-121.
62. HASLAM, S. M. 1971. Community Regulation in *Phragmites Communis* Trin.: I. Monodominant Stands. *Journal of Ecology*, 59, 65-73.
63. HAVENS, K. J., BERQUIST, H. & PRIEST, W. I. 2003. Common reed grass, *Phragmites australis*, expansion into constructed wetlands: Are we mortgaging our wetland future? *Estuaries*, 26, 417-422.
64. HAVENS, K. J., PRIEST, I. W. & BERQUIST, H. 1997. Investigation and Long-Term Monitoring of *Phragmites australis* Within Virginia's Constructed Wetland Sites. *Environmental management*, 21, 599-605.
65. HAYBALL, N. & PEARCE, M. 2004. Influences of simulated grazing and water-depth on the growth of juvenile *Bolboschoenus caldwellii*, *Phragmites australis* and *Schoenoplectus validus* plants. *Aquatic Botany*, 78, 233-242.



66. HERSHNER, C. & HAVENS, K. J. 2008. Managing invasive aquatic plants in a changing system: Strategic consideration of ecosystem services. *Conservation Biology*, 22, 544-550.
67. HINOJOSA-GARRO, D., MASON, C. F. & UNDERWOOD, G. J. C. 2008. Macrophyte assemblages in ditches of coastal marshes in relation to land-use, salinity and water quality. *Fundamental and Applied Limnology*, 172, 325-337.
68. HO, Y. B. 1979. Shoot development and production studies of phragmites Australis (Cav.) Trin. Ex Steudel in Scottish Lochs. *Hydrobiologia*, 64, 215-222.
69. HOLDREDGE, C. & BERTNESS, M. D. 2011. Litter legacy increases the competitive advantage of invasive Phragmites australis in New England wetlands. *Biological Invasions*, 13, 423-433.
70. HUDON, C., GAGNON, P. & JEAN, M. 2005. Hydrological factors controlling the spread of common reed (Phragmites australis) in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Ecoscience*, 12, 347-357.
71. HÄFLIGER, P., SCHWARZLAENDER, M. & BLOSSEY, B. 2005. Biology of Platycephala planifrons (Diptera: Chloropidae) and its potential effectiveness as biological control agent for invasive Phragmites australis in North America. *Biological Control*, 34, 302-311.
72. HÄFLIGER, P., SCHWARZLÄNDER, M. & BLOSSEY, B. 2006a. Comparison of Biology and Host Plant Use of Archanara geminipuncta, Archanara dissoluta, Archanara neurica, and Arenostola phragmitidis (Lepidoptera: Noctuidae), Potential Biological Control Agents of Phragmites australis (Arundineae: Poaceae). *Annals of the Entomological Society of America*, 99, 683-696.
73. HÄFLIGER, P., SCHWARZLÄNDER, M. & BLOSSEY, B. 2006b. Impact of Archanara geminipuncta (Lepidoptera: Noctuidae) on aboveground biomass production of Phragmites australis. *Biological Control*, 38, 413-421.
74. JUTILA, H. 1999. Effect of grazing on the vegetation of shore meadows along the Bothnian Sea, Finland. *Plant Ecology*, 140, 77-88.
75. JUTILA, H. 2001. How does grazing by cattle modify the vegetation of coastal grasslands along the Baltic Sea? *Annales Botanici Fennici*, 38, 181-200.
76. KARUNARATNE, S., ASAEDA, T. & YUTANI, K. 2003. Growth performance of Phragmites australis in Japan: influence of geographic gradient. *Environmental and Experimental Botany*, 50, 51-66.
77. KARUNARATNE, S., ASAEDA, T. & YUTANI, K. 2004. Shoot regrowth and age-specific rhizome storage dynamics of Phragmites australis subjected to summer harvesting. *Ecological Engineering*, 22, 99-111.
78. KETTENRING, K. M., MCCORMICK, M. K., BARON, H. M. & WHIGHAM, D. F. 2011. Mechanisms of Phragmites australis invasion: feedbacks among genetic diversity, nutrients, and sexual reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 48, 1305-1313.
79. KIRK, H., PAUL, J., STRAKA, J. & FREELAND, J. R. 2011a. LONG-DISTANCE DISPERSAL AND HIGH GENETIC DIVERSITY ARE IMPLICATED IN THE INVASIVE SPREAD OF THE COMMON REED, PHRAGMITES AUSTRALIS (POACEAE), IN NORTHEASTERN NORTH AMERICA. *American Journal of Botany*, 98, 1180-1190.



80. KIRK, H., PAUL, J., STRAKA, J. & FREELAND, J. R. 2011b. Long-distance dispersal and high genetic diversity are implicated in the invasive spread of the common reed, *Phragmites australis* (Poaceae), in northeastern North America. *American Journal of Botany*, 98, 1180-1190.
81. KLIMES, L. & KLIMESOVA, J. 2001. The effects of mowing and fertilization on carbohydrate reserves and regrowth of grasses: do they promote plant coexistence in species-rich meadows? *Evolutionary Ecology*, 15, 363-382.
82. KOSTER, T., KAUER, K. & KOLLI, R. 2005. *The grazing of livestock on coastal grasslands in Estonia*.
83. KOSTER, T., KAUER, K., TONUTARE, T. & KOLI, R. 2004. The management of the coastal grasslands of Estonia. In: BREBBIA, C. A., PEREZ, J. M. S., ANDION, L. G. & VILLACAMPA, Y. (eds.) *Coastal Environment V: Incorporating Oil Spill Studies*.
84. KUCHLER, H., GRUNIG, A., HANGARTNER, R. & KUCHLER, M. 2009. Vegetation change and effects of cattle grazing in the transition mire "Burgmoos". *Botanica Helvetica*, 119, 95-104.
85. LAMBERT, A. M., DUDLEY, T. L. & SALTONSTALL, K. 2010. Ecology and Impacts of the Large-Statured Invasive Grasses *Arundo donax* and *Phragmites australis* in North America. *Invasive Plant Science and Management*, 3, 489-494.
86. LE ROUX, J. & WIECZOREK, A. M. 2009. Molecular systematics and population genetics of biological invasions: towards a better understanding of invasive species management. *Annals of Applied Biology*, 154, 1-17.
87. LEIGH, M. G., JASON, M. N. & JOHN, G. C. 2004. Changes in vegetation patterns on the margins of a constructed wetland after 10 years. *Ecological Management & Restoration*, 5, 111-117.
88. LENSSEN, J. P. M., MENTING, F. B. J. & VAN DER PUTTEN, W. H. 2004. Do competition and selective herbivory cause replacement of *Phragmites australis* by tall forbs? *Aquatic Botany*, 78, 217-232.
89. LENSSEN, J. P. M., MENTING, F. B. J., VAN DER PUTTEN, W. H. & BLOM, C. 2000. Variation in species composition and species richness within *Phragmites australis* dominated riparian zones. *Plant Ecology*, 147, 137-146.
90. LIPPERT, I., ROLLETSCHEK, H. & KOHL, J.-G. 2001. Photosynthetic pigments and efficiencies of two *Phragmites australis* stands in different nitrogen availabilities. *Aquatic Botany*, 69, 359-365.
91. LUDWIG, D., IANNUZZI, T. & ESPOSITO, A. 2003. *Phragmites* and environmental management: A question of values. *Estuaries and Coasts*, 26, 624-630.
92. LUKACS, D., BERES, I. & KAZINCZI, G. 2000. Herbicidal control of terrestrial reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steudel). *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection*, 583-587.
93. MARKS, M., LAPIN, B. & RANDALL, J. 1994. PHRAGMITES-AUSTRALIS (P-COMMUNIS) - THREATS, MANAGEMENT, AND MONITORING. *Natural Areas Journal*, 14, 285-294.



94. MAUCHAMP, A., BLANCH, S. & GRILLAS, P. 2001. Effects of submergence on the growth of *Phragmites australis* seedlings. *Aquatic Botany*, 69, 147-164.
95. MAUCHAMP, A. & MÉTHY, M. 2004. Submergence-induced damage of photosynthetic apparatus in *Phragmites australis*. *Environmental and Experimental Botany*, 51, 227-235.
96. MCCORMICK, M. K., KETTENRING, K. M., BARON, H. M. & WHIGHAM, D. F. 2010a. Extent and Reproductive Mechanisms of *Phragmites australis* Spread in Brackish Wetlands in Chesapeake Bay, Maryland (USA). *Wetlands*, 30, 67-74.
97. MCCORMICK, M. K., KETTENRING, K. M., BARON, H. M. & WHIGHAM, D. F. 2010b. Spread of invasive *Phragmites australis* in estuaries with differing degrees of development: genetic patterns, Allee effects and interpretation. *Journal of Ecology*, 98, 1369-1378.
98. MCKEAN, S. G. 2001. Productivity and sustainable use of *Phragmites* in the Fuyeni reedbed - Hluhluwe-Umfolozi Park - Management guidelines for harvest. *South African Journal of Botany*, 67, 274-280.
99. MESLEARD, F., LEPART, J., GRILLAS, P. & MAUCHAMP, A. 1999. Effects of seasonal flooding and grazing on the vegetation of former ricefields in the Rhone delta (Southern France). *Plant Ecology*, 145, 101-114.
100. 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.
101. MEYERSON, L. A., VOGT, K. A. & CHAMBERS, R. M. 2000b. *Linking the success of Phragmites to the alteration of ecosystem nutrient cycles*.
102. MILSOM, T. P., SHERWOOD, A. J., ROSE, S. C., TOWN, S. J. & RUNHAM, S. R. 2004. Dynamics and management of plant communities in ditches bordering arable fenland in eastern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 85-99.
103. MONTEIRO, A., MOREIRA, I. & SOUSA, E. 1999. Effect of prior common reed (*Phragmites australis*) cutting on herbicide efficacy. *Hydrobiologia*, 415, 305-308.
104. MOOK, J. H. & VANDERTOORN, J. 1982. THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL-FACTORS AND MANAGEMENT ON STANDS OF PHRAGMITES-AUSTRALIS .2. EFFECTS ON YIELD AND ITS RELATIONSHIPS WITH SHOOT DENSITY. *Journal of Applied Ecology*, 19, 501-517.
105. MOREIRA, I., FERREIRA, T., MONTEIRO, A., CATARINO, L. & VASCONCELOS, T. 1999a. Aquatic weeds and their management in Portugal: insights and the international context. *Hydrobiologia*, 415, 229-234.
106. MOREIRA, I., MONTEIRO, A. & SOUSA, E. 1999. Chemical control of common reed (*Phragmites australis*) by foliar herbicides under different spray conditions. *Hydrobiologia*, 415, 299-304.
107. MORO, M. J., DOMINGO, F. & LOPEZ, G. 2004. Seasonal transpiration pattern of *Phragmites australis* in a wetland of semi-arid Spain. *Hydrological Processes*, 18, 213-227.
108. MOZDZER, T. J., HUTTO, C. J., CLARKE, P. A. & FIELD, D. P. 2008. Efficacy of Imazapyr and Glyphosate in the Control of Non-Native *Phragmites australis*. *Restoration Ecology*, 16, 221-224.



109. NEVEL, B. E., HANGANU, J. & GRIFFIN, C. R. 1997. Reed harvesting in the Danube Delta, Romania: Is it sustainable? *Wildlife Society Bulletin*, 25, 117-124.
110. OLSVIG-WHITTAKER, L., WALCZAK, M., SABACH, A. & DROR, E. 2009. Vegetation change in response to grazing and water level decline in the Enot Zukim Nature Reserve (En Fescha), Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57, 1-12.
111. OSTENDORP, W. 1995. EFFECT OF MANAGEMENT ON THE MECHANICAL STABILITY OF LAKESIDE REEDS IN LAKE CONSTANCE-UNTERSEE. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 16, 277-294.
112. OSTENDORP, W. 1997. *Winter-harvesting and nutrient economy of lakeside reed belts at Lake Constance-Untersee (Germany)*.
113. OSTENDORP, W. 1999. Management impacts on stand structure of lakeshore Phragmites reeds. *International Review of Hydrobiology*, 84, 33-47.
114. OSTENDORP, W., ISELI, C., KRAUSS, M., KRUMSCHEIDPLANKERT, P., MORET, J. L., ROLLIER, M. & SCHANZ, F. 1995. LAKE SHORE DETERIORATION, REED MANAGEMENT AND BANK RESTORATION IN SOME CENTRAL-EUROPEAN LAKES. *Ecological Engineering*, 5, 51-75.
115. PAPASTERGIADOU, E. S., RETALIS, A., APOSTOLAKIS, A. & GEORGIADIS, T. 2008. Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a Mediterranean wetland of Northern Greece. *Water Resources Management*, 22, 579-594.
116. PARACUELLOS, M. 2006. Relationships of songbird occupation with habitat configuration and bird abundance in patchy reed beds. *Ardea*, 94, 87-98.
117. PARR, T. W. 1990. *FACTORS AFFECTING REED (PHRAGMITES-AUSTRALIS) GROWTH IN UK REED BED TREATMENT SYSTEMS*.
118. PETER, C. R. & BURDICK, D. M. 2010. Can Plant Competition and Diversity Reduce the Growth and Survival of Exotic Phragmites australis Invading a Tidal Marsh? *Estuaries and Coasts*, 33, 1225-1236.
119. POULIN, B., DAVRANCHE, A. & LEFEBVRE, G. 2010a. Ecological assessment of Phragmites australis wetlands using multi-season SPOT-5 scenes. *Remote Sensing of Environment*, 114, 1602-1609.
120. POULIN, B., DUBORPER, E. & LEFEBVRE, G. 2010b. SPRING STOPOVER OF THE GLOBALLY THREATENED AQUATIC WARBLER ACROCEPHALUS PALUDICOLA IN MEDITERRANEAN FRANCE. *Ardeola*, 57, 167-173.
121. POULIN, B. & LEFEBVRE, G. 2002. Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1567-1581.
122. POULIN, B., LEFEBVRE, G., ALLARD, S. & MATHEVET, R. 2009. Reed harvest and summer drawdown enhance bittern habitat in the Camargue. *Biological Conservation*, 142, 689-695.
123. POULIN, B., LEFEBVRE, G. & MAUCHAMP, A. 2002. Habitat requirements of passerines and reedbed management in southern France. *Biological Conservation*, 107, 315.



124. RAVEN, P. J. 1986. Changes of In-Channel Vegetation Following Two-Stage Channel Construction on a Small Rural Clay River. *Journal of Applied Ecology*, 23, 333-345.
125. RAVIT, B., EHRENFELD, J., HÄGGBLUM, M. & BARTELS, M. 2007. The effects of drainage and nitrogen enrichment on *Phragmites australis*, *Spartina alterniflora*, and their root-associated microbial communities. *Wetlands*, 27, 915-927.
126. RICKEY, M. A. & ANDERSON, R. C. 2004. Effects of nitrogen addition on the invasive grass *Phragmites australis* and a native competitor *Spartina pectinata*. *Journal of Applied Ecology*, 41, 888-896.
127. RITTERBUSCH, D. 2007. Growth patterns of reed (*Phragmites australis*): the development of reed stands in carp ponds. *Aquaculture International*, 15, 191-199.
128. ROBERTS, J. 2000. Changes in *Phragmites australis* in south-eastern Australia: A habitat assessment. *Folia Geobotanica*, 35, 353-362.
129. ROSSI, L. & COSTANTINI, M. L. 2000. Mapping the intra-habitat variation of leaf mass loss rate in a brackish Mediterranean lake. *Marine Ecology-Progress Series*, 203, 145-159.
130. RUIZ, M. & VELASCO, J. 2010. Nutrient Bioaccumulation in *Phragmites australis*: Management Tool for Reduction of Pollution in the Mar Menor. *Water, Air, & Soil Pollution*, 205, 173-185.
131. RUSSELL, I. & KRAAIJ, T. 2008. Effects of cutting *Phragmites australis* along an inundation gradient, with implications for managing reed encroachment in a South African estuarine lake system. *Wetlands Ecology and Management*, 16, 383-393.
132. SALTONSTALL, K. & COURT STEVENSON, J. 2007. The effect of nutrients on seedling growth of native and introduced *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 86, 331-336.
133. SANCHEZ-CARRILLO, S., ALVAREZ-COBELAS, M. & ANGELER, D. G. 2001. Sedimentation in the semi-arid freshwater wetland Las Tablas de Daimiel (Spain). *Wetlands*, 21, 112-124.
134. SANGIORGIO, F., BASSET, A., PINNA, M., SABETTA, L., ABBIATI, M., PONTI, M., MINOCCI, M., ORFANIDIS, S., NICOLAIDOU, A., MONCHEVA, S., TRAYANOVA, A., GEORGESCU, L., DRAGAN, S., BEQIRAJ, S., KOUTSOUBAS, D., EVAGELOPOULOS, A. & REIZOPOULOU, S. 2008. Environmental factors affecting *Phragmites australis* litter decomposition in Mediterranean and Black Sea transitional waters. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, S16-S26.
135. SARAH, L. A. & ORMEROD, S. J. 1997. Aquatic macroinvertebrates and environmental gradients in reedswamps: implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7, 153-163.
136. SCHMIDT, M. H., LEFEBVRE, G., POULIN, B. & TSCHARNTKE, T. 2005. Reed cutting affects arthropod communities, potentially reducing food for passerine birds. *Biological Conservation*, 121, 157-166.
137. SCHOGOLEV, I. V. 1996. Fluctuations and trends in breeding populations of colonial waterbirds in the Dnestr Delta, Ukraine, Black Sea. *Colonial Waterbirds*, 19, 91-97.
138. SERAG, M. S. & KHEDR, A.-H. A. 2001. Vegetation–environment relationships along El-Salam Canal, Egypt. *Environmetrics*, 12, 219-232.



139. SKORKA, P., SETTELE, J. & WOYCIECHOWSKI, M. 2007. Effects of management cessation on grassland butterflies in southern Poland. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 121, 319-324.
140. STAHL, J. 2003. Grazing of extensive reed beds by moulting Greylag Geese: effects on nutrient dynamics and growth of the *Phragmites australis* vegetation and consequences for the lake ecosystem. *Ardea*, 91, 288-289.
141. STAMATI, F. E., CHALKIAS, N., MORAETIS, D. & NIKOLAIDIS, N. P. 2010. Natural attenuation of nutrients in a mediterranean drainage canal. *Journal of Environmental Monitoring*, 12, 164-171.
142. STEVENSON, J. C., ROTH, J. E., KEARNEY, M. S. & SUNDBERG, K. L. 2000. *The health and long term stability of natural and restored marshes in Chesapeake Bay.*
143. STOWE, T. J., NEWTON, A. V., GREEN, R. E. & MAYES, E. 1993. THE DECLINE OF THE CORNCRAKE *CREX-CREX* IN BRITAIN AND IRELAND IN RELATION TO HABITAT. *Journal of Applied Ecology*, 30, 53-62.
144. SUN, H., BROWN, A., COPPEN, J. & STEBLEIN, P. 2007. Response of *Phragmites* to environmental parameters associated with treatments. *Wetlands Ecology and Management*, 15, 63-79.
145. SURMACKI, A. & STEPNIEWSKI, J. Do weather conditions affect the dynamics of bearded tit *Panurus biarmicus* populations throughout the year? A case study from western Poland. *Annales Zoologici Fennici*, 44, 35-42.
146. SZYMURA, M., SZYMURA, T., DUNAJSKI, A. & WOLSKI, K. 2009. Grasses (Poaceae) in Riparian Vegetation of Watercourses in Agriculture Landscape. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, 1217-1223.
147. TANAKA, N., YUTANI, K., AYE, T. & JINADASA, K. 2007. Effect of broken dead culms of *Phragmites australis* on radial oxygen loss in relation to radiation and temperature. *Hydrobiologia*, 583, 165-172.
148. TEAL, J. M. & PETERSON, S. 2005. The interaction Between Science and Policy in the Control of *Phragmites* in Oligohaline Marshes of Delaware Bay. *Restoration Ecology*, 13, 223-227.
149. TEMPLER, P. H., FINDLAY, S. & WIGAND, C. 1998. Sediment chemistry associated with native and non-native emergent macrophytes of a Hudson River marsh ecosystem. *Wetlands*, 18, 70-78.
150. THEVS, N., ZERBE, S., GAHLERT, E., MIJIT, M. & SUCCOW, M. 2007. Productivity of reed (*Phragmites australis* Trin. ex Steud.) in continental-arid NW China in relation to soil, groundwater, and land-use. *Journal of Applied Botany and Food Quality-Angewandte Botanik*, 81, 62-68.
151. TSCHARNTKE, T. 1999. Insects on common reed (*Phragmites australis*): community structure and the impact of herbivory on shoot growth. *Aquatic Botany*, 64, 399-410.
152. TURNER, R. & WARREN, R. 2003. Valuation of continuous and intermittent *Phragmites* control. *Estuaries and Coasts*, 26, 618-623.



153. VALKAMA, E., LYYTINEN, S. & KORICHEVA, J. 2008. The impact of reed management on wildlife: A meta-analytical review of European studies. *Biological Conservation*, 141, 364-374.
154. VAN DEN WYNGAERT, I. J. J., WIENK, L. D., SOLLIE, S., BOBBINK, R. & VERHOEVEN, J. T. A. 2003. Long-term effects of yearly grazing by moulting Greylag geese (*Anser anser*) on reed (*Phragmites australis*) growth and nutrient dynamics. *Aquatic Botany*, 75, 229-248.
155. VAN DER PUTTEN, W. H. 1997. Die-back of *Phragmites australis* in European wetlands: an overview of the European Research Programme on Reed Die-Back and Progression (1993-1994). *Aquatic Botany*, 59, 263-275.
156. VANDERTOORN, J. & MOOK, J. H. 1982. THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL-FACTORS AND MANAGEMENT ON STANDS OF PHRAGMITES-AUSTRALIS .1. EFFECTS OF BURNING, FROST AND INSECT DAMAGE ON SHOOT DENSITY AND SHOOT SIZE. *Journal of Applied Ecology*, 19, 477-499.
157. VELIKOVA, V., PINELLI, P. & LORETO, F. 2005. Consequences of inhibition of isoprene synthesis in *Phragmites australis* leaves exposed to elevated temperatures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 106, 209-217.
158. VERA, P., BELDA, E. J., KVIST, L., ENCABO, S. I. & MONROS, J. S. 2011. Habitat preference of endangered Eastern Iberian Reed Buntings *Emberiza schoeniclus witherbyi*. *Bird Study*, 58, 238-247.
159. VERECKEN, H., BAETENS, J., VIAENE, P., MOSTAERT, F. & MEIRE, P. 2006. Ecological management of aquatic plants: effects in lowland streams. *Hydrobiologia*, 570, 205-210.
160. VONLANTHEN, B., ZHANG, X. M. & BRUELHEIDE, H. 2011. Establishment and early survival of five phreatophytes of the Taklamakan Desert. *Flora*, 206, 100-106.
161. VOSLAMBER, B. & VULINK, J. T. 2010. Experimental manipulation of water table and grazing pressure as a tool for developing and maintaining habitat diversity for waterbirds. *Ardea*, 98, 329-338.
162. VULINK, J. T. & DROST, H. J. 1991. NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF CATTLE FORAGE PLANTS IN THE EUTROPHIC NATURE-RESERVE OOSTVAARDERSPLASSEN, NETHERLANDS. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 39, 263-272.
163. VULINK, J. T., VAN EERDEN, M. R. & DRENT, R. H. 2010. Abundance of migratory and wintering geese in relation to vegetation succession in man-made wetlands: the effects of grazing regimes. *Ardea*, 98, 319-328.
164. VYMAZAL, J. & KROPFLOVA, L. 2005. Growth of *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Ecological Engineering*, 25, 606-621.
165. WADE, P. M. 1993. THE INFLUENCE OF VEGETATION PRE-DREDGING ON THE POST-DREDGING COMMUNITY. *Journal of Aquatic Plant Management*, 31, 141-144.
166. WANG, J., SELISKAR, D., GALLAGHER, J. & LEAGUE, M. 2006. Blocking *Phragmites australis* reinvasion of restored marshes using plants selected from wild populations and tissue culture. *Wetlands Ecology and Management*, 14, 539-547.



167. WARREN, R., FELL, P., GRIMSBY, J., BUCK, E., RILLING, G. & FERTIK, R. 2001. Rates, patterns, and impacts of *Phragmites australis*; expansion and effects of experimental *Phragmites* control on vegetation, macroinvertebrates, and fish within tidelands of the lower Connecticut River. *Estuaries and Coasts*, 24, 90-107.
168. WEISNER, S. E. B. & GRANÉLI, W. 1989. Influence of substrate conditions on the growth of *Phragmites australis* after a reduction in oxygen transport to below-ground parts. *Aquatic Botany*, 35, 71-80.
169. WILHELM, G. 1984. Reed *Phragmites australis*(Cav.) Trin. ex Steudel as an energy source in Sweden. *Biomass*, 4, 183-208.
170. WILHELM, G. 1989. Influence of standing litter on shoot production in reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany*, 35, 99-109.
171. YAM, R. S. W., O'HARE, M., DUNBAR, M. J., BAATTRUP-PEDERSEN, A. & LARSEN, S. E. 2009. *River management: use of macrophyte community structure in UK rivers as an example for ecological assessment for hydromorphological impacts*.
172. ZAKARIA A.M, B. 2004. Occurrence of *Puccinia isiacae* on *Phragmites australis* in Saudi Arabia and its possibility as a biological control agent. *Microbiological Research*, 159, 175-179.

### 9.2.3 Web-referencias (Etiqueta: *Phragmites*)<sup>7</sup>

1. AILSTOCK, M.S. Adaptive Strategies of Common Reed *Phragmites australis*  
<http://www.aacc.edu/envcenter/file/adaptivestrategiesphragmitesaustralis.pdf>
2. ALCARAZ, F. & RÍOS, S. 1995. Análisis de la flora higrófila de la Cuenca del Segura  
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1411239>
3. BACK, C.L. 2008. Long-term Spread and Control of Invasive, Common Reed (*Phragmites australis*) in ...  
[https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/48452/V108N5\\_108.pdf?sequence=1](https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/48452/V108N5_108.pdf?sequence=1)
4. BACK, C.L. 2010. Effects of Common Reed (*Phragmites australis*) Invasion and Glyphosate and Imazap...  
<http://etd.ohiolink.edu/send-pdf.cgi/Back%20Christina%20L.pdf?osu1275331237>
5. BOSZKE, P. 2005. Population structure and regeneration of *Phragmites australis* (cav.) Trin. ex St...  
[http://www.pol.j.ecol.cbe-pan.pl/article/ar53\\_1\\_01.pdf](http://www.pol.j.ecol.cbe-pan.pl/article/ar53_1_01.pdf)  
Patrycja BOSZKE, Katarzyna BOCIĄG, Józef SZMEJA  
POLISH JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 53 Issue: 1 Pages: 3-12 Published: 2005
6. ČÍŽKOVÁ, H. & KVET, J. 2009. Research papers on *Phragmites australis* in Europe and Asia  
[http://bomi.ou.edu/ben/418/phragmites\\_europe.pdf](http://bomi.ou.edu/ben/418/phragmites_europe.pdf)

---

<sup>7</sup> <http://www.delicious.com/francisco.robledano/carrizales>



7. CROSS, D.H. & FLEMING, K.L. 1989. Control of Phragmites or Common Reed  
[http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/wmh/13\\_4\\_12.pdf](http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/wmh/13_4_12.pdf)
8. DUNCAN, P. & D'HERBÉS, J.M. 1982. The use of domestic herbivores in the management of wetlands for waterbirds in t...  
[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/b\\_fdi\\_57-58/010023865.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_57-58/010023865.pdf)
9. FREDRICK, K. 2000. The Need and Effectiveness of Control Measures on Phragmites Australis ...  
<http://conservancy.umn.edu/bitstream/59560/1/6.2.Fredrick.pdf>
10. FUNDACIÓN GLOBAL NATURE. 2003. Reunión de expertos en manejo de vegetación helofítica. Su aplicación en la cons...  
[http://www.fundacionglobalnature.org/publicaciones/libro\\_congreso\\_vegetacion\\_2003.pdf](http://www.fundacionglobalnature.org/publicaciones/libro_congreso_vegetacion_2003.pdf)
11. HAARTMAN, L.V. 1984. New Archipelago Birds in the era of Eutrophication - Lars von Haartman  
<http://www.sekj.org/PDF/anzf21/anzf21-427-430.pdf>
12. HÄFLIGER, P. 2007. Damage based identification key for endophagous herbivores on Common Reed (Phrag...  
<http://www.cabi.org/Phragmites/intro.html>  
This key was developed as an extension tool for identification of the most common herbivore species, feeding in shoots of common reed in Europe and North America. Dissections of about 8000 shoots collected at 15 sites in Germany, Switzerland, Austria, and Hungary provided the data for the European ...
13. HASLAM, S.M. 1987. River Plants of Western Europe  
[http://books.google.es/books?id=4vg8AAAAIAAJ&dq=Haslam,+S.+M.+1971.+Community+regulation+in+Phragmites+communis&lr=&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.es/books?id=4vg8AAAAIAAJ&dq=Haslam,+S.+M.+1971.+Community+regulation+in+Phragmites+communis&lr=&source=gbs_navlinks_s)
14. ILLINOIS-INDIANA SEA GRANT. Phragmites australis - Exotic Aquatics on the Move  
<http://www.iisgcp.org/exoticssp/commonreed.htm>
15. KIVIAT, E. 2010. Phragmites Management Sourcebook for the Tidal Hudson River and the Northeastern...  
<http://hudsonia.org/wp-content/files/j-phragmites%20sourcebook%20generic%202013-June-2010.pdf>
16. MEYERSON, L.A. 1999. Ecosystem-level effects of invasive species: A Phragmites case study in two fres...  
[http://nrs.uri.edu/labs/invasive/PdfReprints/Full\\_Thesis\\_PDF.pdf](http://nrs.uri.edu/labs/invasive/PdfReprints/Full_Thesis_PDF.pdf)
17. NORRIS L. 2002. A Summary of Methods for Controlling Phragmites australis  
[http://ccrm.vims.edu/publications/wetlands\\_technical\\_reports/02-2-phragmites.pdf](http://ccrm.vims.edu/publications/wetlands_technical_reports/02-2-phragmites.pdf)
18. PARADIS, E. 2008. Effet de la salinité sur la compétition entre le roseau (Phragmites australis) e...  
[http://phragmites.crad.ulaval.ca/files/publications/Paradis\\_Memoire\\_2008.pdf](http://phragmites.crad.ulaval.ca/files/publications/Paradis_Memoire_2008.pdf)
19. PENNSYLVANIA STATE DEPARTMENT OF CONSERVATION AND NATURAL RESOURCES. Species Management and Control Information Common reed Phragmites australis ssp...  
[http://www.dcnr.state.pa.us/forestry/invasivetutorial/common\\_reed\\_M\\_C.htm](http://www.dcnr.state.pa.us/forestry/invasivetutorial/common_reed_M_C.htm)  
Before administering any of the following management and control options, it is imperative that you are familiar with the background information provided under the General Management and Control Section. For additional, and potentially more current, information on management and control of this ...



20. PERPIÑAN, D. & LARRUY, X. Utilización de plantaciones artificiales de carrizo (*Phragmites australis*) por el carricero común (*Acrocephalus scirpaceus*)...  
<http://www.naturavets.es/PDF/Carricero%20comun%20en%20el%20Besos.pdf>
21. PLENTOVICH, D. 2008. Effectiveness of Secondary Control Techniques for *Phragmites*  
[http://basineducation.uwex.edu/uppergb/special/shoreline/pdf/DevanyPlentovichThesisPresentation\\_Marinette1008\\_small.pdf](http://basineducation.uwex.edu/uppergb/special/shoreline/pdf/DevanyPlentovichThesisPresentation_Marinette1008_small.pdf)
22. SALTONSTALL, K. 2006. *Phragmites australis* - GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE  
<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=301&fr=1&sts=sss&lang=EN>  
Synonyms: *Arundo aggerum* Kittel, *Arundo altissima* Benth., *Arundo australis* Cav., *Arundo barbata* Burchell, *Arundo graeca* Link, *Arundo isiaca* Delile, *Arundo karka* Retz., *Arundo maxima* Forssk., *Arundo palustris* Salisb., *Arundo phragmites* L., *Arundo phragmites* L. var. *humilis* (DeNot.) Asch. & Graebn., ...
23. SMITH, S.M. 2005. Manual Control of *Phragmites australis* in Freshwater Ponds of Cape Cod ...  
<http://www.apms.org/japm/vol43/v43p50.pdf>
24. SOUTH CAROLINA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. 2010. Aquatic Nuisance Species Program - *Phragmites* Update  
<http://www.dnr.sc.gov/water/envaff/aquatic/phragmites.html>  
*Phragmites* is a emerged perennial plant that can reach 10 - 12 feet in height and shade out shorter native vegetation. It can grow along the shorelines of water bodies or in water several feet deep. In South Carolina, it is restricted to the outer coastal plain where it occurs in fresh, brackish ...
25. SZYMURA, M. 2009. Grasses (Poaceae) in Riparian Vegetation of Watercourses in Agriculture Landscape  
<http://www.pjoes.com/pdf/18.6/1217-1223.pdf>
26. THEVS, N. 2007. Productivity of reed (*Phragmites australis* Trin. ex Steud.) in continental-arid NW China in relation to soil, groundwater, and land-use  
[http://www.botanik.uni-greifswald.de/fileadmin/laeok/pdf/paper\\_downloads/Thevs\\_Art12\\_Applied\\_Botany.pdf](http://www.botanik.uni-greifswald.de/fileadmin/laeok/pdf/paper_downloads/Thevs_Art12_Applied_Botany.pdf)
27. UNIVERSITY OF RHODE ISLAND. *Phragmites australis* - Control Fact Sheet  
<http://www.uri.edu/cels/ceoc/documents/commonReed.pdf>
28. WISCONSIN WETLANDS ASSOCIATION. 2002. Emerging Issues Surrounding Invasion and Control of *Phragmites australis* in Wisconsin's Wetlands: A Survey of Wetland Professionals  
<http://wisconsinwetlands.org/phragmites.htm#control>



## 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<sup>a</sup> 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.