



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

Xosé Manuel Vilán Fraguero¹, Fco. Javier Sánchez Martínez², José García Díaz²,
Jesús Jiménez Ruiz¹ y José Manuel García-Guijas Redondo¹

xvilan@tragsa.es

¹Dirección Técnica de Tragsa

²Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Dirección General del Agua, MARM

Resumen

La especie *Arundo donax* L (caña común) está catalogada como una de las principales especies alóctonas invasoras en el interior de la península, costa mediterránea y ecosistemas de zonas riparias españolas. Se propaga vegetativamente dificultando su control y/o erradicación, invadiendo los cauces dificultando su desagüe natural, aumentando el riesgo de incendios y constituyendo una amenaza para ecosistemas riparios.

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).

Palabras clave: *Arundo donax* L, exótica, invasora, control, erradicación, ríos.

Abstract

Arundo donax L (Giant reed) is catalogued as one of the principal allochthonous and invasive species inside the peninsula, Mediterranean coast and ecosystems of Spanish rivers. It has vegetative spread turning into a species of difficult control and / or eradication, invading the riverbeds and impeding his natural outlet, increasing the risk of fires and constituting a threat for species and river ecosystems.

Since 2009, the General Water Directorate of the Ministry of Environment and Rural and Marine Affairs is developing the *Research, Development and Innovation Project*, entrusting the execution of the company TRAGSA. This battery of treatments applied in order to alleviate the problem of the species.

The tested methods include mechanical and phytosanitary treatments, followed by fluvial restoration based on fluvial engineering technologies. The works have been developed in five river basins of the Spain.(CH Miño- Sil, CH Guadiana, CH.Segura, CH Júcar & CH Ebro).

Key words: *Arundo donax* L, invasive, exotic, control, eradication, river.

1. Introducción

La problemática derivada de la introducción de especies exóticas con comportamiento invasor (EEI, especies exóticas invasoras), es considerada como la segunda causa de extinción de especies y el segundo problema ambiental, por orden de magnitud, que afecta a la biosfera a escala global, sólo por detrás de la pérdida y destrucción de hábitats (Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas & M. de Poorter, 2004). Por esta razón, la cuestión está adquiriendo en los últimos años una mayor consideración tanto por parte de investigadores como de las administraciones gestoras de la conservación de la naturaleza. Esto ha llevado a que se elabore una serie de Convenios, Planes y Programas de actuación, con el fin de mejorar el conocimiento de estas especies y desarrollar una adecuada evaluación de los riesgos que suponen y las vías de expansión que utilizan. El fin es conseguir su control y erradicación, en su caso, previniendo y minimizando los impactos adversos sobre la biodiversidad, la economía, la salud y el bienestar de la población.

La creciente preocupación por esta problemática ha llevado al desarrollo de proyectos como DAISIE, financiado por la Comisión Europea, dentro del Sexto Programa Marco, a la elaboración de la Estrategia Europea de EEI, que da carácter prioritario a las medidas relativas a estas especies, y a nivel nacional diversas estrategias para la lucha contra especies concretas, como el Mejillón Cebra, o planes autonómicos como el Plan Andaluz Para el Control de EEI. Actualmente en España se ha elaborado un primer borrador del Catálogo Nacional de Especies Exóticas Invasoras, que se encuentra en revisión, lo que dará lugar en un futuro a la creación de una Estrategia Española para la Erradicación y Control de Especies Exóticas Invasoras.



Arundo donax L., conocida como caña común, es una especie perenne rizómica de origen asiático, con reproducción asexual y tolerante a una amplia variedad de condiciones ecológicas (Bell G.P., 1997). Es considerada por la UICN (The World Conservation Union) como una de las 100 especies biológicas invasoras más peligrosas y nocivas a escala mundial, además aumenta el riesgo de incendios (McWilliams J.D., 2004), invade los cauces dificultando su desagüe natural, obstruye las infraestructuras y constituye una amenaza para especies y ecosistemas de agua dulce (Decruyenaere J.G y Holt J.S., 2005).

Debido a los impactos que produce, desde 2009 se viene desarrollando por parte de Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino el **Proyecto de I+D+i “Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales para Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos”**, encargando la ejecución a la empresa pública TRAGSA.

El objetivo general del presente proyecto ha consistido en desarrollar un conjunto de técnicas para la eliminación de *A. donax* de los ríos en diversas regiones de España, evaluando el grado de eficacia de cada una de ellas, para su incorporación en los futuros proyectos de restauración o rehabilitación fluvial que se llevarán a cabo para dar cumplimiento a la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE, DOCE 2000). Se ha pretendido eliminar la caña de manera perdurable en el tiempo, reduciendo los impactos ambientales al mínimo posible y de la forma más económica.

Con los métodos de control físicos puestos en práctica por las administraciones y organismos nacionales e internacionales, se han obtenido resultados poco satisfactorios en gran parte debido a la capacidad de rebrote de dicha especie (Boose and Holt, 1999; Khudamrongswat et al., 2004). Por ello se han buscado otros objetivos específicos que traten aspectos parciales del problema de una manera coordinada: la prevención, la eliminación precoz, en lo posible, antes de considerarse invasora, la erradicación cuando sea necesario y la gestión del territorio posterior a la eliminación para evitar la reinfestación (Bell G.P., 1997).

2. Localización y tratamientos.

2.1 Ámbito geográfico de las actuaciones.

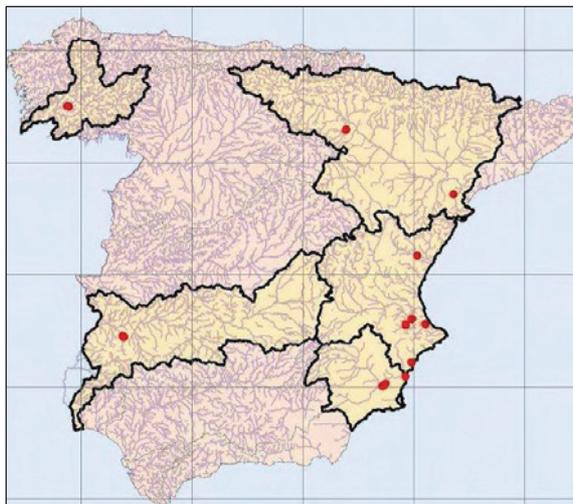
Las diferentes intervenciones se han llevado a cabo en cauces de ríos de cuencas hidrográficas intercomunitarias, previa propuesta de las cinco confederaciones hidrográficas responsables de su gestión: CH Miño-Sil, CH Guadiana, CH.Segura, CH Júcar y CH Ebro.

Se han localizado en tramos de ríos de regiones con clima preferentemente mediterráneo, debido a que la distribución biogeográfica de la caña está favorecida, por sus condiciones climáticas (Perdue R.E., 1958), por lo cual esta especie representa un factor de riesgo más importante en estas cuencas:

RÍO	PROVINCIA	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA
Miño	Ourense	Miño-Sil
Canaletas	Tarragona	Ebro
Alhama	Navarra	Ebro
Cányoles	Valencia	Júcar
Cányoles	Valencia	Júcar
Vernissa	Valencia	Júcar
Mijares	Castellón	Júcar
Barranco de Agua Amarga	Alicante	Júcar
Segura	Alicante	Segura
Guadalentín	Murcia	Segura
Harnina	Badajoz	Guadiana



Figura 1. Localización de los ensayos con *A. donax*. en cada confederación hidrográfica



2.2. Tratamientos ensayados

Los métodos de control y eliminación ensayados se basan en técnicas comunes para esta especie, empleadas de forma combinada o solas (Bell G.P. 1997, Tu M. et al. 2001). Estos métodos se pueden agrupar en químicos y físicos, a estos últimos se les ha combinado con técnicas de bioingeniería:

Tratamientos mecánicos y físicos:

1. Desbroces de la parte aérea de la caña; mecánicos y manuales, utilizando cabezal desbrozador y con el objetivo de debilitar el crecimiento la caña.
2. Extracción del rizoma:
 - Cribado de la tierra extraída. Utilización de una retroexcavadora con cazo modificado para el cribado de las tierras, según el tamaño medio de los rizomas.
 - Extracción del rizoma más el sustrato hasta una profundidad de 0,5 m.
3. Inundación, tras el desbroce de la parte aérea de la caña con el fin de provocar la asfixia radicular y la posterior muerte de los rizomas.
4. Instalación de sistemas de cubrición (*mulching*), mediante materiales biodegradables, como las mallas antihierba y geotextiles.

Tratamientos químicos:

Herbicidas con diferentes metodologías de aplicación:

1. Aplicación directa sobre la caña sin corte previo.
2. Desbroce inicial y aplicación al rebrote de la caña entre 50-80 centímetros.
3. Aplicación mediante inyección de herbicidas tras el corte de la caña a 30 centímetros del suelo.
4. Pincelado de los tallos de la caña recién cortada.



Técnicas de bioingeniería:

Estas técnicas se fundamentan principalmente en la recuperación de espacios fluviales que debido a la retirada de la caña han quedado desprovistos de vegetación. Con su aplicación se obtiene una rápida cobertura vegetal de la zona mejorando la estabilidad del pie y superficie de los taludes y evitando su erosión:

- Trenzado vivo. Técnica estabilizadora lineal de márgenes mediante el trenzado de ramas vivas de sauce –o similares– fijadas al terreno con piquetas de madera o acero.
- Fajina viva. Técnica para la protección de las orillas similar a la anterior y elaborada con haces de varas y ramas de sauce, u otras con características similares, fijadas mediante estacas.
- Biorrollos vegetados. Cilindros de 30 centímetros de diámetro de fibra de coco prensada sujeta por una malla, y vegetados con especies típicas de ribera.
- Herbazales. Mezcla de especies helófitas de fácil adaptación: enea (*Typha* sp.), carrizo (*Phragmites australis*), junco (*Juncus* sp.), etc.– estructuradas en fibra de coco para proteger el talud de la erosión.
- Cobertura de ramas. Extensión superficial de ramas y material leñoso vivo de vegetación riparia que protegen de la erosión causada por el movimiento del agua e impiden el rebrote de la caña.
- Plantaciones de especies arbóreas y arbustivas en alta densidad para que compitan con los rizomas de caña.

Con la combinación de estos tratamientos se crearon 16 tipos de tratamientos, que se enumeran a continuación:

Mecánicos:

1. Desbroce aéreo de la planta, extracción de rizomas hasta 0.5 m de profundidad, cubrimiento con plástico biodegradable y aporte de tierra vegetal.
2. Desbroce de la parte aérea de las cañas.
3. Desbroce de la parte aérea de las cañas y extracción de rizomas mediante cribado, hasta una profundidad de 0.5 m.
4. Desbroce de la parte aérea de las cañas y extracción de rizoma y sustrato hasta una profundidad de 0.5 m.
5. Sucesión de desbroces de la parte aérea de las cañas y plantación de sauces.
6. Desbroce y eliminación de las cañas por inundación.

Mecánicos con bioingeniería:

7. Triturado de la caña y rizoma y protección de la base del talud mediante fajina viva.
8. Triturado de la caña y rizoma y protección de la base del talud mediante trenzado vivo.
9. Triturado de la caña y rizoma y protección de la base del talud mediante cobertura de ramas.
10. Triturado de la caña y rizoma e instalación de biorrollo vegetado.
11. Triturado de la caña y rizoma y plantación de herbazales vegetados con helófitos.
12. Desbroce de la parte aérea y plantación arbórea y arbustiva de diversas especies.



13. Cubriciones orgánicas de diversas zonas desbrozadas.

Químicos:

14. Desbroce mecanizado y tratamiento químico con pincel al rebrote.

15. Desbroce mecanizado y tratamiento químico con mochila al rebrote.

16. Tratamiento químico directamente sobre la caña.

2.3. Diseño de los ensayos

La localización y ejecución de los ensayos han comenzado a realizarse desde el año 2009, en el cual se procedió a la caracterización inicial de las zonas de estudio, recogiendo datos sobre la ubicación espacial de las parcelas experimentales, las características del tramo de actuación (término municipal, margen y longitud de la actuación, tipo de terreno, pedregosidad, riesgo de erosión, acumulación de sedimentos, espacio con alguna figura de protección), características de la vegetación de ribera presente (tipo de distribución de la especie problema, carácter invasor, problemáticas derivada, especies acompañantes). El fin de la caracterización inicial, ha sido conocer el estado y situación de las invasiones de la especie considerada, antes de cualquier tipo de alteración en el medio, facilitando así su posterior comparación y evidencias de los resultados en los muestreos de campo. Los ensayos han estado compuestos por las siguientes fases:

FASE 1. Delimitación de una serie de parcelas de actuación en las que se han desarrollado las diferentes experiencias. La delimitación se ha realizado sobre el terreno y a través de la georreferenciación de los puntos que sirven como límite a las referidas parcelas.

FASE 2. Caracterización inicial de la zona de estudio. Estudio y conocimiento de las poblaciones a tratar y de la composición del medio.

FASE 3. Desarrollo de las experiencias para la eliminación y control del *A.donax*. En este sentido se han combinado diferentes sistemas.

FASE 4. Seguimiento de todos los trabajos antes descritos y de la evolución de *A.donax* en las parcelas antes indicadas y comparativa con las parcelas testigo.

Los intervalos de tiempo propuestos para los muestreos, después de la finalización de los tratamientos, han sido: 3 semanas, 6 semanas, 3 meses, 6 meses, 1 año y 2 años. Actualmente el proyecto continúa en fase de seguimiento.

En cada parcela se ha ensayado un tratamiento diferente. Dentro de las cuales se señalaron cuatro muestras (3x3 m) en las cuales se miden cinco submuestras, con el propósito de obtener un número de muestras representativas de la población.

Las variables medidas han sido:

- Cobertura y densidad, mediante aro metálico de 0.25 m², siendo el tamaño de las submuestras. En ella se ha medido el número de cañas presentes: muertas, vivas, emergentes, altura y diámetro dominante. Posteriormente en gabinete se ha obtenido el índice de cobertura, en función de las cañas vivas presentes en la muestra:

0 = 0 cañas vivas.

2 = de 6 a 10 cañas vivas.

4 = de 16 a 20 cañas vivas.

1 = 1 a 5 cañas vivas.

3 = de 11 a 15 cañas vivas

5 = > de 20 cañas vivas.



Figura 3. Muestreo de *A. donax* durante la fase de seguimiento



3. Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos de campo, ha sido necesario el uso de varios programas informáticos y estadísticos; entre ellos destacamos el programa STATGRAPHICS CENTURION XVI y el programa R.

Una vez comprobado que los datos eran normales y homocedásticos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), para evaluar el índice de cobertura obtenido para cada uno de los tratamientos aplicados.

4. Resultados y discusión

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 (trat. 1). El tratamiento mediante cubrición biodegradable es el que presenta menor nº 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.

Entre los compuestos sólo por métodos mecánicos, destacan aquéllos en que se ha realizado el desbroce de la parte aérea y la extracción de rizomas hasta una profundidad de 50 cm (trat. 3 y 4), posteriormente llevándolos a vertedero para su procesado, en los que se obtienen valores de cobertura similares a los del tratamiento con cubriciones biodegradables.

Respecto a la utilización de técnicas de bioingeniería (biorrollo vegetado, fajina viva, trenzado vivo, herbazal vegetado con helófitos y cobertura de ramas), han mostrado un control de la especie invasora muy débil. Tan solo el tratamiento con cobertura de ramas vivas de *Salix* sp. (trat. 9), ha disminuido sensiblemente el rebrote de *A. donax* frente a las demás técnicas.

Otro tratamiento efectivo es el desbroce la caña y la posterior inundación de la zona al menos durante un periodo de tres meses (trat. 6), ya que se consigue la asfixia radicular de *A. donax* (muerte de los rizomas), debilitando en gran medida el rebrote de la especie.

Entre los tratamientos químicos (trat. 14, 15 y 16), las aplicaciones con glifosato 36% (10 l/ha) han sido las que mejor han respondido, provocando síntomas severos de fitotoxicidad en el 99% de la planta tratada. Estos tratamientos son los que han provocado un mayor porcentaje de cañas muertas, debido a que el modo de acción de este herbicida apunta a las enzimas, produciendo la severa reducción de su capacidad fotosintética. Esta reducción está provocada por la acción inhibitoria de la síntesis de aminoácidos, a través de la inhibición de la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3- fosfato sintetasa), vía en la cual se emplea el 20% del carbono fijado durante la fotosíntesis. Los efectos visuales que se han observado han sido la muerte de los puntos de crecimiento en brotes y raíces, degradación de la clorofila de las hojas, con el consecuente amarillamiento y exposición de pigmentos púrpura.



Figura 5. Índice de cobertura de *A. donax* de las parcelas experimentales, un año tras el tratamiento

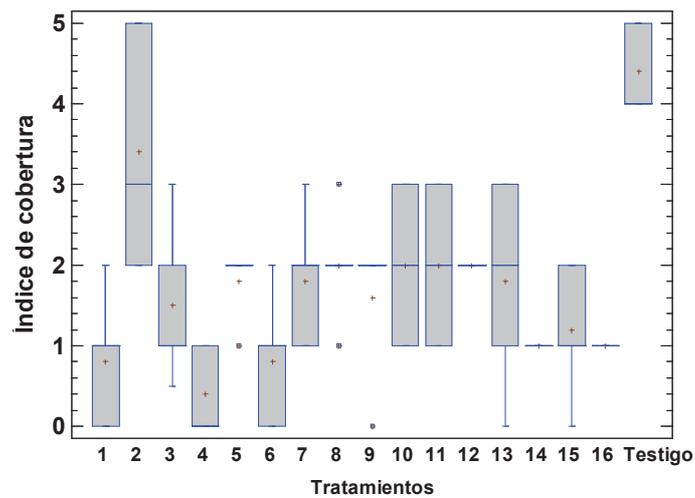


Tabla ANOVA para Cobertura por Tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	75,6941	16	4,73088	6,76	0,0000
Intra grupos	47,6	68	0,7		
Total (Corr.)	123,294	84			

Escala índice de cobertura para 0,25 m²:

- 0 = 0 cañas vivas.
- 1 = 1 a 5 cañas vivas.
- 2 = de 6 a 10 cañas vivas.
- 3 = de 11 a 15 cañas vivas
- 4 = de 16 a 20 cañas vivas.
- 5 = > de 20 cañas vivas.

Figura 6. (%) de cañas emergentes (rebrotos) frente al tratamiento aplicado. Resultados del primer año

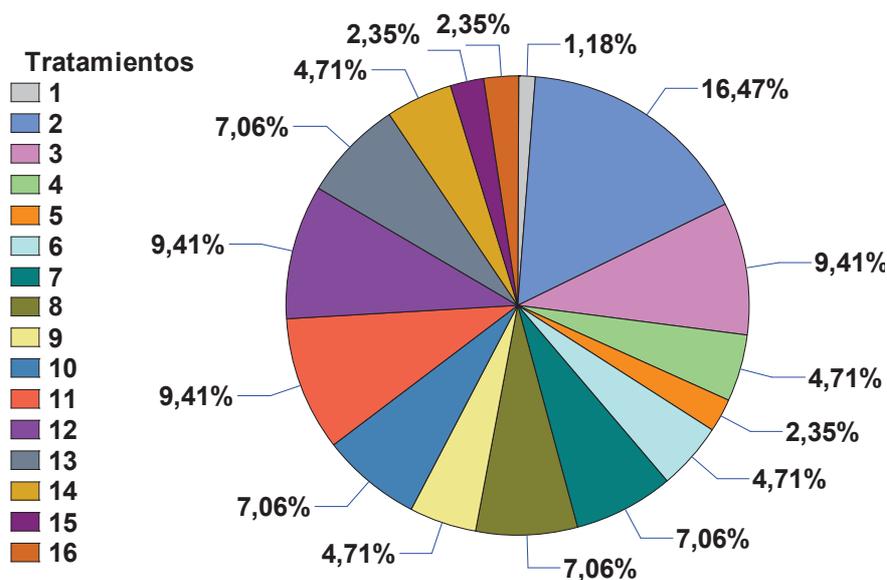
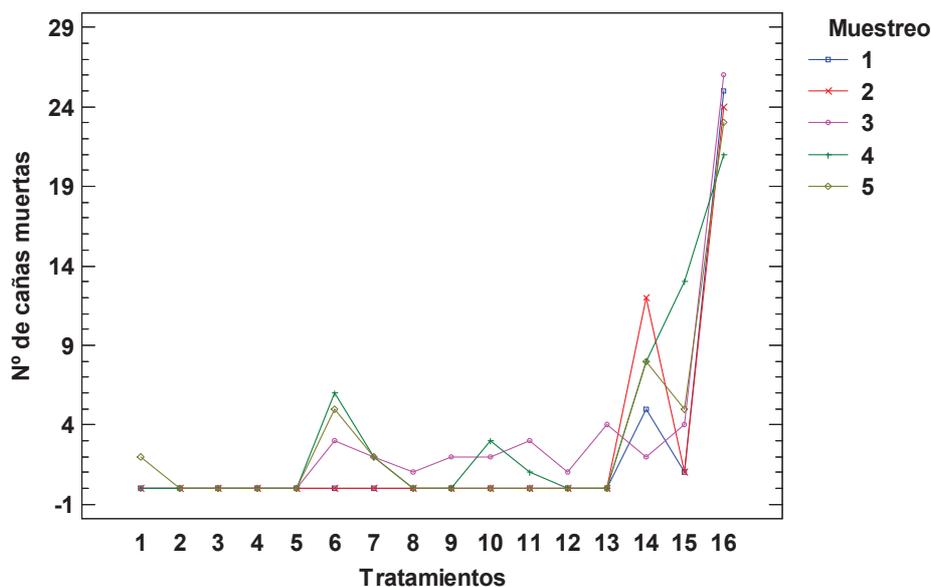




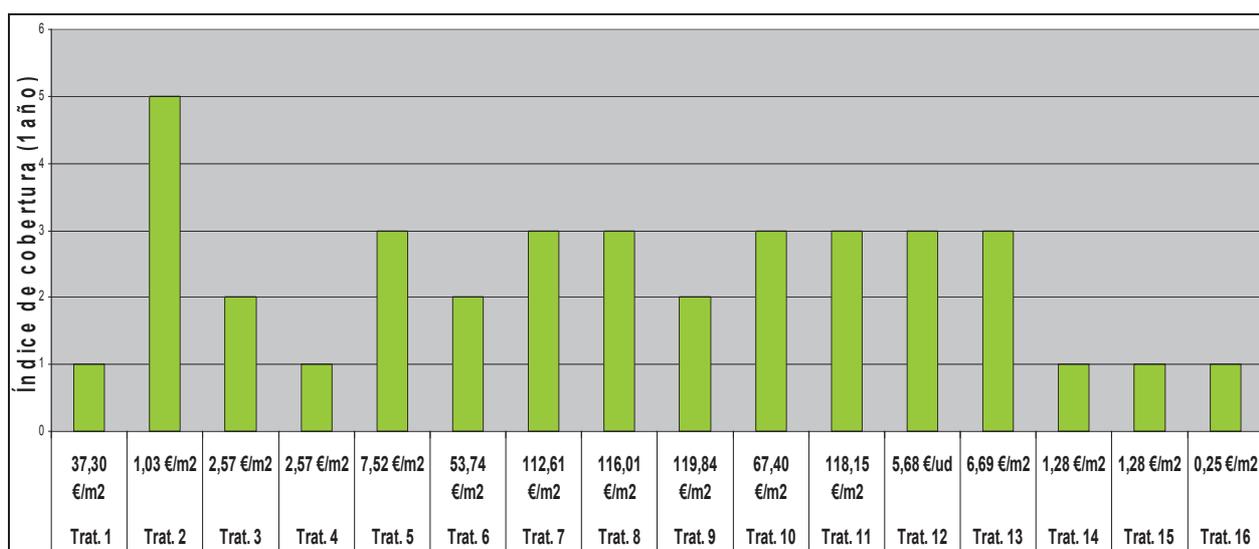
Figura 7. Nº de ejemplares de *A. donax* muertos en función del tratamiento aplicado y muestreo



Leyenda muestreos:

- 1: muestreo a las 3 semanas. 3: muestreos a los 3 meses. 5: muestreo al año.
- 2: muestreo a las 6 semanas. 4: muestreo a los 6 meses.

Figura 8. Índice de cobertura por tratamiento y su coste de aplicación (€/m²)





Finalmente, y siempre con el objetivo de mantener y conservar los cauces el mayor tiempo posible en un estado ecológico óptimo, se han analizado los costes de aplicación de los diversos tratamientos ensayados. Se han obtenido como resultados, en el primer año de seguimiento, que los más eficaces, perdurables en el tiempo y los más económicos para su aplicación son los compuestos por tratamientos químicos con glifosato 36%, 10 l/ha. Entre las aplicaciones químicas las más económicas son las realizadas directamente sobre las poblaciones de *A. donax*, sin necesidad de realizar desbroces previos y durante la época de pre-dormancia de la especie (Spencer et al., 2008).

En segundo lugar en cuanto a la relación efectividad-coste económico, destacan los tratamientos compuestos por la combinación de medios mecánicos mediante la extracción de los rizomas y sustrato (trat. 4) y el cribado de rizomas (trat. 3). Hay que destacar que se ha observado una diferencia estadísticamente significativa entre la extracción total del sustrato junto con los rizomas y el cribado de estos, resultando ser más favorable la extracción total del sustrato.

Por último, hay que comentar que combinar medios mecánicos y físicos mediante extracción de rizomas y la cubrición con materiales biodegradables (trat. 1), resulta ser el más efectivo para controlar la especie, pero no el más económico. Esto supone que su aplicación vendrá condicionada en función de la zona y características donde se quiera emplear y del presupuesto disponible.

Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a los responsables de la Gestión del Dominio Público Hidráulico de las diferentes confederaciones hidrográficas donde se ha actuado y a todo el personal de Grupo Tragsa implicado en el proyecto.

Referencias

- Bell G.P. (1997). *Ecology and management of Arundo donax and approaches to riparian habitat restoration in southern California*. Pg. 103-113 en J.H. Brock, M. Wade P. Pysek, and D. Green, eds. *Plant Invasion: Studies from North America and Europe*. Leiden, Holanda: Backhuys Publishers.
- Boose, A.B. y Holt, J.S. (1999). Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weed Research*. Vol. 39: p.117-127.
- Decruyenaere J.G. y Holt J.S. (2005). Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in Southern California. *Plant and Soil*. 277(1-2), 41-52.
- Khudamrongsawat J., Tayyar R. y Holt J.S. (2004). Genetic diversity of giant reed (*Arundo donax*) in the Santa Ana River, California. *Weed Science*. Vol. 52, No. 3, pp. 395-405.
- Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas y M. de Poorter (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Auckland: Comisión de Supervivencia de Especies (CSE), Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), UICN. [<http://www.issg.org>]
- McWilliams, J.D. (2004). *Arundo donax*. Obtenida el 20 de octubre de 2009, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer): <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/arudon/all.html>
- Perdue, R. E. (1958). *Arundo donax* – source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Botany*. 12, 368-404.
- Spencer D., Tan W., Liow P., Ksander G., Whitehand L., Weaver S., Olson J. y Newhouser M.(2008) Evaluation of Glyphosate for Managing Giant Reed (*Arundo donax*). *Invasive Plant Science and Management* (2008), Vol. 1, No. 3, pp. 248-254.
- Tu M., Hurd, C. y J.M. Randall. (2001). *Weed Control Methods Handbook*. Arlington,US.: The Nature Conservancy