

Optimización de técnicas para el control y erradicación de la gramínea invasora *Arundo donax* L. (caña común) en ecosistemas fluviales.

JIMÉNEZ RUIZ, J.^{1*}, GARCÍA DÍAZ, J.², SÁNCHEZ MARTÍNEZ Fco J.², VILÁN FRAGUEIRO XM.¹, LUQUERO RAMOS, L.³, OCAÑA BUENO, L.³, GARCÍA-GUIJAS REDONDO, JM.¹ y SAIZ DE LA HOYA ZAMACOLA, A.¹

¹ Subdirección de Actuaciones Medioambientales. Dirección Técnica de Tragsa. 28006. Madrid.

² Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Dirección General del Agua. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 28071. Madrid.

³ Subdirección de I+D+i. Tragsa. 28003. Madrid.

* e-mail de contacto: jjimen15@tragsa.es

Resumen

Arundo donax L., conocida como caña común, es una especie invasora en España. De origen asiático, perenne, con reproducción asexual y tolerante a una amplia variedad de condiciones ecológicas (BELL G.P., 1997). Esta considerada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como una de las 100 especies biológicas invasoras más peligrosas y nocivas a escala mundial, ya que es capaz de aumentar el riesgo de incendios, invadir los cauces dificultando su desagüe natural ya que obstruye las infraestructuras hidráulicas y constituye una amenaza para especies y ecosistemas de agua dulce (DECRUYENAERE J.G. Y HOLT J.S., 2005). La Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, comenzó en el año 2009 el *Proyecto de I+D+i Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales para la Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos*, con el objetivo de optimizar las técnicas de control de la especie. Se han realizado ensayos en ríos de cinco cuencas hidrográficas intercomunitarias, fundamentalmente en tramos de ríos de regiones con clima mediterráneo, donde la invasión y presencia de *A. donax* es mayor, encargándose de su ejecución y seguimiento la empresa pública Tragsa.

Palabras clave

Exótica, invasora, control, erradicación, ríos.

1. Introducción

Las plantas exóticas han incrementado su diversidad y abundancia en ríos y medios riparios de todo el mundo y esto puede provocar profundas alteraciones en su estructura y funcionamiento (RICHARDSON *et al.* 2007). Los motivos que pueden explicar esta tendencia incluyen características propias de estos ambientes, pero también la acción del hombre. Entre los primeros, el hecho de que los ríos son medios dinámicos en los que tienen lugar importantes flujos de materia y energía (EWEL *et al.* 2001). Por otro lado, las riberas acumulan sedimentos y son ricas en agua y nutrientes, cuya concentración se ve además incrementada por las actividades humanas. A esto hay que añadir que se trata de ambientes muy alterados por el hombre, que ha introducido un buen número de especies exóticas en un medio que favorece su dispersión, debido a su carácter lineal. Por último, debe tenerse en

51 cuenta el papel de las perturbaciones, habituales en estos hábitats y generadoras de espacios
52 sin competencia (PLANTY-TABACCHI *et al.* 1996) listos para ser colonizados.

53
54 Cuando todos estos elementos se conjugan, es fácil comprender por qué estos
55 ecosistemas son, en palabras de HOOD y NAIMAN (2000), “desproporcionadamente
56 susceptibles a la invasión”. Estas invasiones son protagonizadas por plantas capaces de
57 explotar los recursos de manera oportunista y de establecer formaciones vegetales en las que
58 las especies exóticas dominan, excluyen o subordinan a las nativas (ZEDLER, 2004;
59 JIMÉNEZ *et al.* 2011).

60
61 La caña (*A. donax*) es un ejemplo muy representativo de este tipo de especies, siendo
62 una de las plantas exóticas invasoras más comunes en los medios riparios españoles.
63 Considerada como uno de los 100 organismos más invasores del mundo (LOWE *et al.* 2000),
64 su establecimiento en estos ambientes plantea problemas ecológicos y de gestión de los
65 recursos hídricos. No en vano, *A. donax* transpira más agua por unidad de superficie que la
66 vegetación nativa (ABICHANDANI, 2007) e incrementa el riesgo de incendio (SCOTT 1994;
67 COFFMAN 2010) de las zonas invadidas. Además, esta especie invasora modifica las
68 características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas que coloniza, alterando el
69 microclima de la zona riparia al proporcionar un menor sombreado a la corriente de agua,
70 empobreciendo el horizonte edáfico superficial debido al bajo contenido en nutrientes de su
71 follaje o proporcionando un hábitat poco adecuado para la fauna silvestre nativa (BELL 1998;
72 DUDLEY 2000; HERRERA & DUDLEY 2003; KISSNER 2004). Por estas y otras razones,
73 la eliminación de *A. donax* del medio ripario es contemplada, cada vez con más frecuencia,
74 como una condición necesaria para la recuperación del buen estado ecológico de los sistemas
75 fluviales en todo el mundo (VILÁN *et al.*, 2011). Sin embargo, su control definitivo es
76 complejo, ya que invariablemente pasa por provocar la muerte del rizoma, el órgano perenne
77 subterráneo de la planta.

78
79 Los métodos habituales de gestión de cañaverales, por desbroce o quema, no solo no
80 son eficaces, sino que consolidan la dominancia de *A. donax* sobre las comunidades ribereñas
81 nativas (COFFMAN *et al.*, 2004; GUTHRIE 2007; COFFMAN *et al.*, 2010), agravando la
82 invasión. Por otro lado, los intentos de control biológico de esta especie todavía se encuentran
83 en una fase inicial (CORTÉS *et al.* 2009; GOOLSBY & MORAN 2009). Por lo tanto, las
84 opciones reales para el control de esta especie invasora son la extracción mecánica de su
85 rizoma mediante excavación del sustrato o la aplicación repetida de herbicidas sistémicos a la
86 parte aérea, empleando distintos métodos. También se ha ensayado con éxito el cubrimiento
87 de los cañaverales desbrozados con coberturas opacas. Por otro lado, métodos novedosos
88 abren nuevas posibilidades para el control de la caña. Entre ellos, destacan los que consisten
89 en incrementar la competencia que ofrecen las especies riparias nativas y otros que provocan
90 el agotamiento de los rizomas mediante una reiteración de desbroces mecánicos.

91 92 2. Objetivos

93
94 El objetivo general del proyecto ha consistido en desarrollar un conjunto de técnicas
95 para la eliminación y control de *A. donax* en ríos de diversas regiones de España, evaluando el
96 grado de eficacia, con el fin de poder aplicar los resultados en futuros proyectos de
97 restauración o rehabilitación fluvial, que se llevarán a cabo para dar cumplimiento a la
98 Directiva Marco del Agua. Además del objetivo general descrito anteriormente, se han
99 propuesto una serie de objetivos específicos:

100
101 1. Establecimiento de métodos de prevención, vigilancia y control que permitan limitar
102 la expansión de la especie, generando conocimientos sobre el mecanismo de
103 propagación y su biología en la región mediterránea.

104
105 2. Definición de acciones de control una vez finalizados los ensayos.

106
107 3. Establecimiento de mecanismos de gestión del territorio después de la eliminación de
108 la especie, que impidan su reestablecimiento.

109
110 4. Establecimiento de métodos y medidas para reponer o facilitar la reimplantación de
111 la vegetación autóctona.

112
113 Además, este proyecto ha tratado de conocer el comportamiento de la especie desde el
114 punto de vista de su biología reproductiva y el estudio de su carácter invasor, realizando una
115 búsqueda exhaustiva de información, inventarios y seguimientos en campo de poblaciones de
116 *A. donax* en diversas regiones bioclimáticas, que han permitido conocer más en profundidad
117 dichas características.

118 119 3. Metodología

120 121 Área de estudio

122
123 Las diferentes intervenciones se han llevado a cabo en cauces de ríos de cinco cuencas
124 hidrográficas intercomunitarias, previa propuesta de las cinco confederaciones hidrográficas
125 (Tabla 1), responsables de su gestión: CH del Miño-Sil, CH del Guadiana, CH del Segura, CH
126 del Júcar y CH del Ebro.

127
128 Los ensayos se han localizado en tramos fluviales de regiones con clima mediterráneo,
129 debido a que la distribución biogeográfica de la caña está favorecida por estas condiciones
130 climáticas (PERDUE R.E., 1958; JIMÉNEZ *et al.*, 2011), representando la presencia de la
131 especie un factor de riesgo más importante en estas cuencas.

132
133 *Tabla 1. Localización geográfica de los ensayos realizados.*

Cauce	Provincia	Cuenca Hidrográfica
Miño	Ourense	Miño-Sil
Canaletas	Tarragona	Ebro
Alhama	Navarra	Ebro
Cañoles	Valencia	Júcar
Cañoles	Valencia	Júcar
Vernissa	Valencia	Júcar
Mijares	Castellón	Júcar
Bco. de Agua Amarga	Alicante	Júcar
Segura	Alicante	Segura
Guadalentín	Murcia	Segura
Harnina	Badajoz	Guadiana

134

Diseño experimental

Los ensayos comenzaron a realizarse durante año 2009, año en el cual se procedió a la caracterización inicial de las poblaciones de cañaverales, previamente a la aplicación de los métodos experimentales para el control y erradicación de *A. donax*.

El dispositivo experimental se ha compuesto por tres repeticiones de cada método y un testigo de referencia, logrando una mayor precisión en la estimación de los efectos de los métodos y del error experimental.

Para el muestreo inicial y seguimiento de las parcelas de ensayo, se ha elaborado y desarrollado un protocolo con tal finalidad, en el cual se han descrito las variables y metodología a seguir en los muestreos sucesivos. Las unidades de muestreo se han distribuido en intervalos regulares, estableciéndose 4 muestras de seguimiento dentro de cada parcela experimental de 3 m x 3 m cada una, dentro de las cuales se han tomado 5 submuestras mediante un aro de superficie 0,25 m².

Dentro de cada una de la submuestras se han tomados datos de las siguientes variables cuantitativas: altura, diámetro medio y dominante, densidad (número de cañas por cada metro cuadrado), número de cañas emergentes (brotes nuevos de cañas < ó = a 30 cm de altura), número de cañas muertas, número de cañas vivas y número de cañas totales (muertas más vivas). Además se han recogido otras variables cualitativas: cobertura (porcentaje de cañaveral que cubre la superficie de la parcela), pedregosidad y tipo de suelo, especies acompañantes, si tiene o no figura de protección el espacio sobre el que se actúa, problemática derivada de la presencia de la especie en el tramo de estudio y tipo de distribución de la especie invasora.



Figura 1. Muestreo de *A. donax*

Métodos para el control de cañaverales

Para el control y eliminación de *A. donax* se han ensayado métodos **mecánicos, físicos, fomento de la competencia biológica y químicos, todos ellos acompañados de técnicas de bioingeniería** para la recuperación del ecosistema fluvial.

171 Los métodos mecánicos se han basado en el desbroce de la parte aérea de la caña
 172 mediante un cabezal desbrozador y la extracción de los rizomas mediante dos métodos
 173 diferentes: extracción del rizoma y del sustrato conjuntamente y la extracción del rizoma
 174 mediante el cribado del sustrato a través de un cazo modificado, en los primeros 50 cm del
 175 suelo.

176
 177 El método de inundación y el de cubrimiento con láminas biodegradables, han sido los
 178 métodos físicos utilizados para el control de la caña. El método de inundación, que hace uso
 179 de la intolerancia del rizoma de *A. donax* a un periodo de encharcamiento prolongado, se ha
 180 basado en el desbroce de la parte aérea de la caña y posterior inundación de la parcela,
 181 manteniendo una lámina de agua permanente durante al menos 3 meses. Para conseguir
 182 mantener esa lámina de agua permanente se ha procedido a la construcción de una pequeña
 183 estructura transversal al cauce. Para el método de cubrimiento, la metodología seguida ha sido
 184 el desbroce de la parte aérea, el cubrimiento con una lámina biodegradable (malla antihierba,
 185 geotextil, polietileno...), aporte de tierra vegetal y posteriormente la revegetación de la zona
 186 mediante hidrosiembra y plantación de especies arbóreas y arbustivas.

187
 188 Otro método ensayado, ha sido el fomento de la competencia biológica, mediante la
 189 implantación de un lecho o cobertura de ramas vivas, principalmente material forestal de
 190 reproducción de las familias *Salicaceae* y *Tamaricaceae*. El procedimiento consiste en un
 191 desbroce inicial de la parte aérea del cañaveral, a continuación se recolecta el material forestal
 192 necesario en zonas adyacentes, y se fijan con alambres galvanizados tendidos entre piquetas
 193 de madera. Una vez que se ha fijado el lecho de ramas vivas, se procede a extender una fina
 194 capa de arena para estimular su enraizamiento. El objetivo buscado ha sido establecer una
 195 densa cubierta vegetal de especies riparias nativas que compitieran por los recursos y el
 196 espacio con los cañaverales.

197
 198 Por último, los métodos químicos basados en el ensayo de 5 fitosanitarios (Tabla 2).
 199 Entre los herbicidas aplicados se encuentra el glifosato, usado comúnmente en la agricultura,
 200 además de otros compuestos químicos de nueva generación que resultan más eficaces a dosis
 201 más bajas y presentan una rápida degradación en contacto con el suelo y un perfil
 202 ecotoxicológico de bajo impacto ambiental.

203
 204

Tabla 2. Fitosanitarios y metodologías de aplicación ensayados.

Metodología	Fitosanitario	Dosis
Aplicación directa	glifosato 36%	10 l/ha
Aplicación al rebrote	glifosato 36%	10 l/ha
	penoxsulam 2,04%	2 l/ha
	azimsulfuron 50%	50 g/ha
	cihalofop-butil 20%	1,5 l/ha
	profoxidim 20%	0,75 l/ha
Aplicación mediante inyección	glifosato 54%	4 l/ha

205

206 Tras la ejecución de los tratamientos se han acondicionado las márgenes y áreas
 207 tratadas mediante técnicas de restauración fluvial (bioingeniería): biorrollos vegetados,
 208 herbazales con helófitos (*Thypha dominguensis*, *Iris pseudacorus*, *Scirpus holoschoenus* y
 209 *Phragmites australis*), fajinas vivas y trenzados vivos, revegetaciones con especies riparias
 210 autóctonas (*Salix eleagnos*, *Salix fragilis*, *Salix atrocinerea*, *Salix alba*, *Populus alba*,
 211 *Populus nigra*, *Tamarix africana*, *Nerium oleander*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina* y
 212 *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia*, *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*), redes orgánicas e
 213 hidrosiembras de gramíneas y leguminosas. Se ha buscado una doble finalidad, la restauración
 214 y recuperación del ecosistema y el fomento de la competencia entre la vegetación riparia
 215 autóctona implantada y *A. donax*.
 216



217
 218
 219 *Figura 2. Mosaico de parcelas de ensayo, una vez ejecutados los métodos de control de A. donax.*
 220

221 Además, se ha desarrollado una experiencia de detección de masas de *A. donax*
 222 mediante teledetección con imágenes hiperespectrales. Esta herramienta ha permitido
 223 identificar la cobertura de *A. donax* en un tramo del cauce del río Segura, así como de otras
 224 especies riparias de la zona, parámetros físicos de la columna de agua (turbidez y nivel de
 225 clorofila), coberturas territoriales en el área circundante al curso de agua (tipo y estado de la
 226 vegetación natural, estado de los cultivos agrícolas, construcciones...etc.).
 227



228
 229
 230 *Figura 3. Imagen tomada con sensor hiperespectral. En ella se distinguen las diferentes comunidades vegetales*
 231 *asociadas al ecosistema fluvial.*
 232

233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253

Ensayos de inertización de los rizomas

Paralelamente a los métodos empleados en campo para el control y erradicación de *A. donax*, se ha realizado en colaboración con el Departamento de Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), un ensayo con el **objetivo de determinar el efecto del tamaño del rizoma en la capacidad de brotación de distintos fragmentos de rizomas.**

El ensayo ha consistido en la recolección de rizomas en agregados diferentes de cañas de un arroyo situado en Badajoz. Posteriormente, los fragmentos recolectados se asignaron a 4 grupos establecidos en un ensayo completamente al azar: 1.- fragmentos de rizoma de 1 cm; 2.- fragmentos de rizoma de 3 cm; 3.- fragmentos de rizoma de 5 cm y 4.- rizoma picado en una astilladota forestal. Los rizomas se sembraron en contenedores y se distribuyeron con un diseño de tres bloques al azar en el invernadero. Cada grupo experimental (bloque) constaba de 4 repeticiones, y 5 fragmentos por repetición.

El ensayo se realizó en condiciones controladas asegurando el máximo potencial para el establecimiento y rebrote del rizoma. El efecto del tamaño del rizoma se estudió sobre el éxito de la brotación.

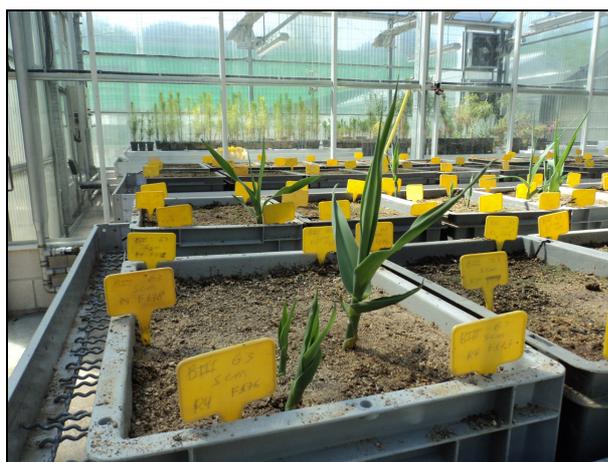


Figura 4. Ensayo de la capacidad de brotación de los distintos tamaños de rizoma.

254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269

Análisis estadísticos

Una vez comprobado que los datos eran normales y homocedásticos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), para evaluar los valores de densidad (cañas/m²) obtenidos para cada uno de los métodos aplicados.

El efecto de la longitud de los fragmentos de rizoma se estudió, mediante un ANOVA, sobre el porcentaje y rapidez de rebrote del propágulo.

Para el tratamiento estadístico de los datos, ha sido necesario el uso de varios programas informáticos y estadísticos, entre ellos el programa STATGRAPHICS CENTURION XVI y SPSS 15.0.

270 4. Resultados

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

Los resultados han mostrado que, a través de métodos mecánicos, físicos, químicos y mediante el fomento de la competencia biológica con especies de rápido crecimiento principalmente, se puede alcanzar el 100% de control de la caña. Los tratamientos mecánicos, en los cuales se realiza la completa extracción del rizoma, extrayendo los primeros 50 cm del sustrato, alcanzan la total erradicación de la especie del medio, pero es necesario el repaso manual para recoger los rizomas que puedan quedar dispersos en la zona de actuación. Por el contrario, el método de cribado de los rizomas, ha demostrado no ser capaz de erradicar completamente la especie, ya que son numerosos los rizomas que quedan dispersos durante el proceso. Esta cantidad de rizomas que quedan en el medio, son capaces de generar nuevos agregados de *A. donax* durante la primera estación vegetativa de la planta.

Los métodos físicos, mediante cubrimientos con láminas biodegradables e inundación, son capaces de impedir el rebrote de la caña obteniéndose resultados de control de 100% para ambos. Estos métodos no requieren de tratamientos de repaso, pero su coste inicial de aplicación es de los más elevados.

Por otro lado, el método de fomento de la competencia biológica mediante la implantación de un lecho o cubierta de ramas vivas, también consigue impedir el reestablecimiento del cañaveral en la zona de actuación, con una garantía del 100%. Este método es adecuado para situaciones en las que se pretenda que la eliminación del cañaveral vaya aparejada con la rápida recuperación de la cubierta vegetal nativa, debiéndose aplicar preferiblemente en orillas con poca pendiente.

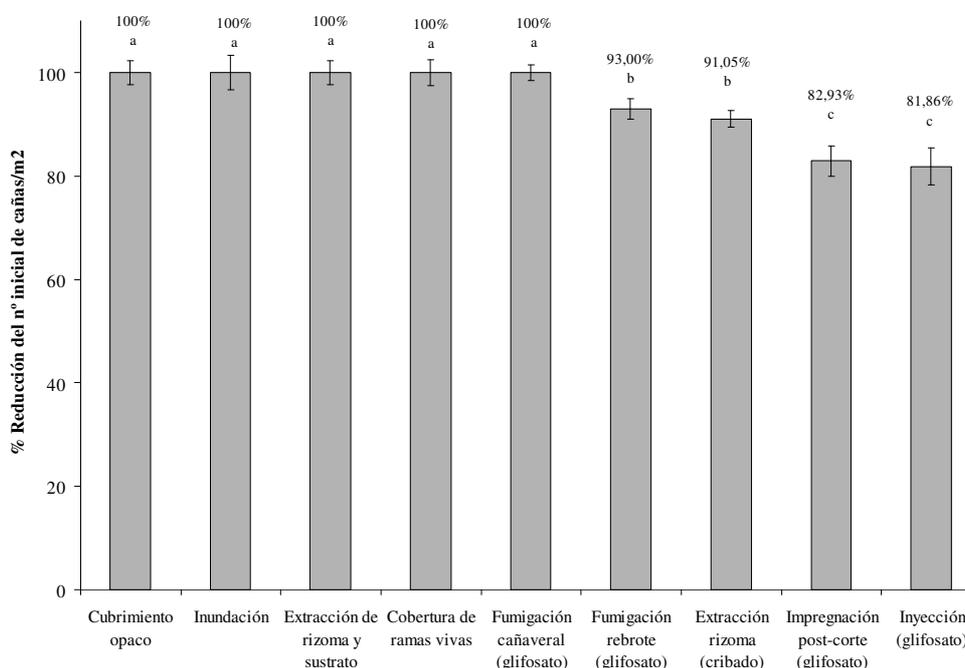


Figura 5. Disminución del nº de cañas vivas/m² respecto al nº inicial en % inducida por los métodos ensayados. Las letras distintas indican diferencias significativas con el test de Tukey ($p < 0,05$).

295

296

297

298

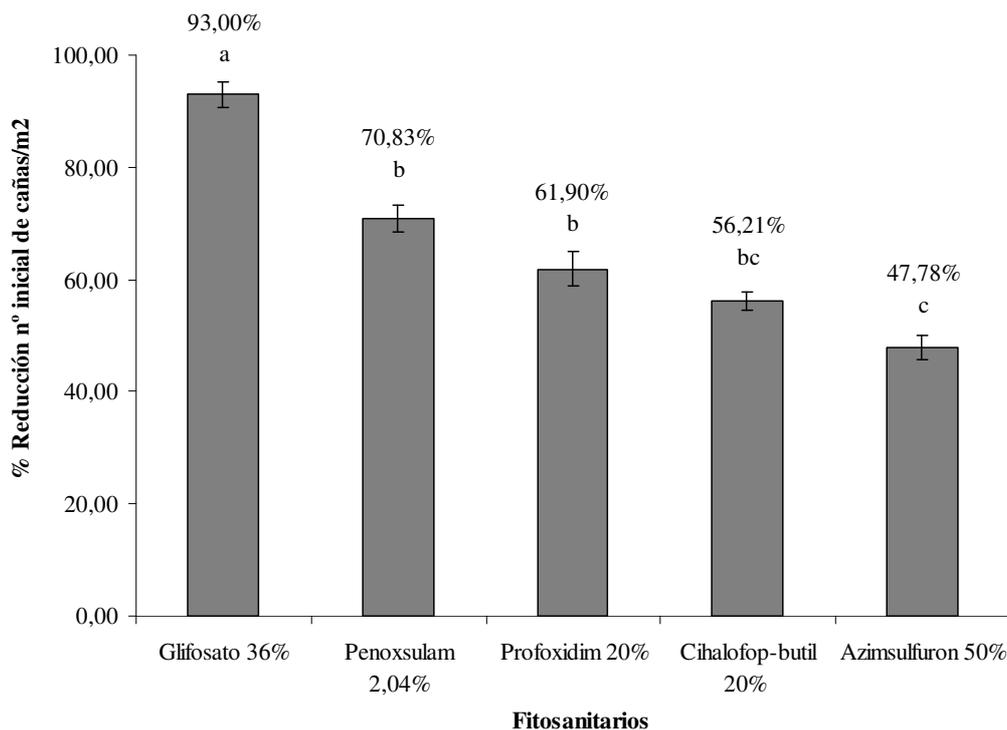
299

300

301

Por último los métodos químicos basados en la aplicación de productos fitosanitarios, han sido los que mejores rendimientos han mostrado, ya que el glifosato 36% aplicado sobre

302 la masa de cañaveral adulto ha tenido una eficacia del 100%, siendo el método más barato de
 303 aplicación. Este producto, aplicado directamente sobre la masa adulta, sin desbroces previos,
 304 ha producido un mayor efecto que las aplicaciones al rebrote, ya que no se han contabilizado
 305 nuevos individuos de cañas. Las aplicaciones al rebrote y mediante la impregnación post-
 306 corte en los tallos han reducido severamente la presencia de la especie en la zona de ensayo.
 307 La aplicación mediante inyección, además de ser el método más costoso, ha presentado los
 308 resultados menos favorables. Los herbicidas azimsulfuron 50%, penoxsulam 2,04%,
 309 cihalofop-butil 20%, profoxidim 20% presentaron efectos de fitotoxicidad muy moderados
 310 sobre *A. donax*, por lo que se espera que esas poblaciones de cañaverales recuperen sus
 311 características morfológicas en un corto espacio de tiempo.
 312



313
 314 *Figura 6. Disminución del nº de cañas vivas/m² respecto al nº inicial en % inducida por los fitosanitarios ensayados*
 315 *al rebrote. Distintas letras indican diferencias significativas con el test de Tukey (p<0,05).*
 316

317 **Resultados del ensayo de inertización de los rizomas**

318
 319 Los resultados pusieron de manifiesto diferencias significativas en el número de
 320 rebrotes. El número de brotes y la velocidad con la que emergieron al final del ensayo fue
 321 significativamente mayor con los rizomas de 5 cm de longitud, siendo superior al resto de
 322 longitudes. Todos los tamaños de rizomas sembrados presentaron brotes al final del ensayo,
 323 siendo los de 1 cm de longitud lo que más tiempo en hacerlo, presentando solo un brote.
 324

325 Por otro lado, el rizoma picado (quedando un residuo de tamaño equivalente al serrín),
 326 no presentó brotes al final de ensayo.
 327

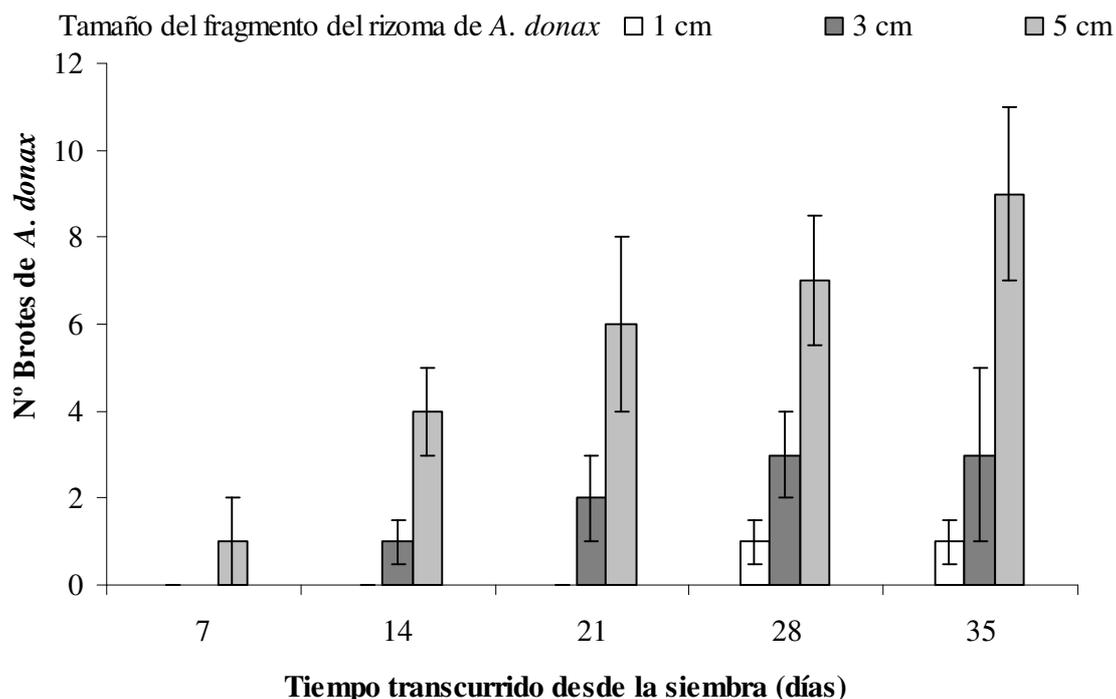


Figura 6. Análisis de la varianza para el nº de brotes de *A. donax* en función del tamaño del rizoma sembrado.

Tabla 3. Resultados de la tabla Anova realizada para el análisis de los brotes de *A. donax*.

Variable ^o	gl	F-test	p-valor
Nº brotes de <i>A. donax</i>	2	31,28	0.0000***

5. Discusión

Los resultados observados han puesto de manifiesto que las aplicaciones con glifosato 36% han sido las que mejor control han proporcionado, incluso consiguiendo la erradicación de la especie con algunos métodos ensayados. La aplicación de este producto directamente sobre la masa adulta, sin desbroces previos, ha sido la que mayor efecto ha producido frente a otras aplicaciones al rebrote de la caña, o mediante la inyección en el tallo o impregnación post-corte.

Entre las técnicas físicas y biológicas, la eliminación de *A. donax* ha sido completa mediante técnicas de cubrimiento con plásticos biodegradables, la asfixia radicular por medio de la inundación y por un lecho de ramas vivas sobre el talud (cobertura de ramas de salicáceas y tamaricáceas), ya que no se han contabilizado nuevos ejemplares.

A la hora de aplicar el método de extracción del rizoma, se ha observado una diferencia estadísticamente significativa entre la extracción total del sustrato junto con los rizomas y el cribado de estos, resultando más favorable la extracción total del sustrato. Esto ha sido debido principalmente a la dificultad de separar y eliminar completamente los rizomas en el proceso de cribado. Por otro lado, se ha comprobado que el desbroce de la parte aérea por si solo es ineficaz y contraproducente y no debe ser considerado como método de eliminación, ya que las cañas vuelven a crecer y cubrir rápidamente la zona de actuación.

356 En líneas generales, la variación de la capacidad regenerativa de los rizomas de la caña,
357 obtenidos en función de su tamaño, nos indica que esta característica se encontraría entre las
358 estrategias biológicas más importantes coligadas a la perpetuación de la especie en las áreas
359 invadidas. Debido a que la principal forma de reproducción de esta especie es a través de un
360 vigoroso sistema de rizomas, capaces de permanecer activos por largos períodos de tiempo, el
361 conocimiento de los mecanismos que determinan la supervivencia de la especie y su
362 dinámica, pueden proveer herramientas de manejo eficaces para su control. Esta cuestión ha
363 adquirido especial relevancia en el problema global que representan las especies exóticas con
364 comportamiento invasor

365 366 **6. Conclusiones** 367

368 La eliminación de un cañaveral es un objetivo perfectamente alcanzable empleando
369 distintos métodos (físicos, químicos, mecánicos y fomento de la competencia biológica),
370 incluso en situaciones de colonización muy intensa. No obstante, la dificultad para lograr esta
371 meta se incrementa con la escala de la intervención. A esto contribuye la adaptabilidad de *A.*
372 *donax*, que le permite crecer en una amplia variedad de situaciones y los diversos factores que
373 condicionan la intervención.

374
375 La elección del método para eliminar el cañaveral dependerá de múltiples variables,
376 que incluyen aspectos normativos ambientales según cada comunidad autónoma, el tipo de
377 intervención que se pretenda realizar, el tipo de distribución que presente el cañaveral
378 (uniforme, en rodales o lineal), la localización de la actuación o la posibilidad de realizar
379 repasos en años sucesivos. Por otro lado, el coste de los métodos puede condicionar el empleo
380 de uno u otro, habida cuenta de las diferencias existentes entre ellos.

381
382 El conocimiento de la biología de *A. donax* es un aspecto importante a la hora de
383 abordar su eliminación. De hecho, el logro de este objetivo radica en las peculiaridades de su
384 morfología, la presencia de un órgano perenne subterráneo generador de los tallos (rizoma),
385 de su modo de crecimiento y propagación, de su fisiología, alta productividad y elevada
386 plasticidad fenotípica. Estos aspectos deben ser tenidos en cuenta a la hora de aplicar los
387 diferentes métodos que permiten el control de esta especie así como en la planificación de las
388 actuaciones.

389
390 Los tratamientos de repaso son esenciales para la consolidación de la eficacia de los
391 métodos químicos. Además, únicamente suponen un bajo o moderado incremento de coste
392 respecto a la actuación inicial. En este sentido, es importante prever que el periodo de
393 tratamiento necesario para la completa eliminación de un cañaveral mediante el empleo de
394 herbicida puede oscilar en varios años. Por lo tanto, si no pueden garantizarse estos repasos,
395 se recomienda no iniciar las actuaciones de control de cañaverales empleando métodos
396 químicos.

397
398 La capacidad regenerativa y de invasión del órgano subterráneo, perenne y responsable
399 principal de la producción de tallos (rizoma), varía en función del tamaño, lo cual indica que
400 esta característica se encuentra coligada a la perpetuación de la especie en áreas invadidas. A
401 la vista de los resultados obtenidos, triturando el rizoma (tamaño < 1cm) podrían depositarse
402 los restos vegetales en el ámbito de la actuación, evitándose los costes de recogida, transporte
403 y canon de vertido.
404

405 El coste de los distintos tratamientos difiere significativamente, como también difiere el
 406 impacto de cada uno de ellos sobre el medio. La elección del método más adecuado para cada
 407 caso dependerá de factores como las características del medio, su valor ambiental, el tipo de
 408 intervención que se prevea realizar o la disponibilidad presupuestaria a medio plazo.

410 7. Bibliografía

411
 412 ABICHANDANI SL. 2007. The potential impact of the invasive species *Arundo donax* on
 413 water resources along the Santa Clara river: seasonal and diurnal transpiration. MSc Thesis.
 414 University of California. Los Angeles.

415
 416 BELL GP. 1997. Ecology and management of *Arundo donax* and approaches to habitat
 417 restoration in southern California. In: Brock JH, Wade M, Pysek P & D Green (Eds.), *Plant*
 418 *Invasions: studies from North America and Europe*, pp 103–113. Backhuys Publishers,
 419 Leiden. The Netherlands.

420
 421 BOOSE AB & JS HOLT. 1998. Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo*
 422 *donax*. *Weed Research* 39: 117-127.

423
 424 BROOKS ML, D'ANTONIO CM, RICHARDSON DM, GRACE JB, KEELEY JE,
 425 DITOMASO JM, HOBBS RJ, PELLANT M & D PYKE. 2004. Effects of invasive alien
 426 plants on fire regimes. *BioScience* 54: 677-688.

427
 428 COFFMAN GC, AMBROSE RF & PW RUNDEL. 2010. Wildfire promotes dominance of
 429 invasive giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems. *Biological invasions* 12: 2723-
 430 2734.

431
 432 COFFMAN GC, AMBROSE RF & PW RUNDEL. 2004. Invasion of *Arundo donax* in river
 433 ecosystems of Mediterranean climates: causes, impacts and management strategies.
 434 Proceedings of the 10th MEDECOS Conference, Rhodes Island, Greece. (Eds. M.
 435 Arianoutsou & W. Papanastasis), pp. 1-8. Millpress Science Publishers, Rotterdam.

436
 437 CORTÉS E, MARCO MA & J GOOLSBY. 2009. Buscando el antídoto natural en la lucha
 438 contra el carrizo gigante. *Cuadernos Biodiversidad* 29: 20-24.

439
 440 DUDLEY TL. 2000. *Arundo donax*. In: Bossard CC, Randall JM and Hoshovsky MC (eds),
 441 *Invasive Plants of California's Wildlands*, pp 53–58. University of California Press, Berkeley.

442
 443 DECRUYENAERE JG & JS HOLT. 2005. Ramet demography of a clonal invader, *Arundo*
 444 *donax* (*Poaceae*), in southern California. *Plant and Soil* 277: 41-52.

445
 446 GUTHRIE G. 2007. Impacts of the invasive reed *Arundo donax* on biodiversity at the
 447 community-ecosystem level. MSc Thesis, Biodiversity and Conservation Biology
 448 Department, University of the Western Cape.

449
 450
 451 GOOLSBY JA & P MORAN. 2009. Host range of *Tetramesa romana* Walker (*Hymenoptera:*
 452 *Eurytomidae*), a potential biological control of giant reed, *Arundo donax* L. in North America.
 453 *Biological Control* 49: 160–168

- 454
455 EWEL KC, CRESSA C, KNEIB RT, LAKES PS, LEVIN LA, PALMER MA, SNELGROVE
456 P & DH WALL (2001) Managing critical transition zones. *Ecosystems* 4: 452-460.
457
- 458 HOOD WG & RJ NAIMAN. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic
459 vascular plants. *Plant Ecology* 148: 105-114.
460
- 461 JIMÉNEZ J, VILÁN XM, GARCÍA J, LUQUERO L & SANTÍN I. 2011. Estudio de la
462 capacidad invasiva de *Arundo donax* L., en distintas regiones bioclimáticas de la Península
463 Ibérica. XIII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, “Plantas Invasoras,
464 Resistencias a Herbicidas y Detección de Malas Hierbas”. La Laguna, 2011, España.
465
- 466 KISSNER DA. 2004. The effect of giant reed (*Arundo donax*) on the Southern California
467 riparian bird community. MSc Thesis. San Diego State University.
468
- 469 LOWE S, BROWNE M, BOUDJELAS S & M DE POORTER. 2000. 100 of the World’s
470 Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database.
471 Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species
472 Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).
473
- 474 PERDUE RE. 1958. *Arundo donax* - source of musical reeds and industrial cellulose.
475 *Economic Botany* 12: 368-404.
476
- 477 PLANTY-TABACCHI AM, TABACCHI E, NAIMAN RJ, DEFERRARI C & H
478 DESCAMPS. 1996. Invasibility of species rich communities in riparian zones. *Conservation*
479 *Biology* 10: 598-607.
480
- 481 SCOTT GD. 1994. Fire threat from *Arundo donax*. In: Jackson NE, Frandsen P and Duthoit S
482 (eds), *Arundo donax* Workshop Proceedings, pp 17–18. California Exotic Pest Plant Council,
483 Riverside.
484
- 485 VILÁN XM, SÁNCHEZ FJ, GARCÍA J, JIMÉNEZ J & GARCÍA-GUIJAS JM. 2011.
486 Proyecto de I+D+i de Optimización de los Sistemas de Eliminación y Control de Cañaverales
487 para Mejora del Estado Ecológico y Recuperación de la Capacidad de Desagüe de los Ríos.
488 En: Actas del I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial “Restaura Ríos”. pp. 735-743. León,
489 2011, España.
490
- 491 ZEDLER JB. 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities,
492 opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(5): 431-452.