

INFORME TÉCNICO 14/2014

Evolución de los hábitats dunares
en áreas sometidas al control y erradicación
de la especie invasora *Carpobrotus edulis*



Servicio de Vida Silvestre
Dirección General de Medio Natural
Octubre 2014

EVOLUCIÓN DE LOS HÁBITATS DUNARES EN ÁREAS SOMETIDAS AL CONTROL Y ERRADICACIÓN DE LA ESPECIE INVASORA *Carpobrotus edulis*

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La uña de gato (*Carpobrotus edulis*) es una planta suculenta originaria de Sudáfrica que posee una elevada adaptabilidad a los ambientes áridos que se manifiesta en un crecimiento rápido y una elevada capacidad de fijación al suelo. Estas características han favorecido su utilización en estabilización de dunas, repoblaciones dunares y en jardinería litoral, lo que ha supuesto su expansión por los ambientes costeros, desde arenales hasta acantilados litorales medios y bajos, desplazando por exclusión competitiva a las especies características de estos hábitats. La reducción de los nutrientes disponibles y de la luz incidente en el suelo, así como la alteración del pH del sustrato, son los factores principales que provocan la desaparición de la vegetación nativa. En las diferentes comunidades dunares, su crecimiento clonal y la dispersión por semillas, posiblemente facilitada por el consumo de frutos por conejos (*Oryctolagus cuniculus*) (Imagen 1) y ratas (*Rattus* spp.) (D'Antonio, 1990; Bourgeois & al., 2005; Novoa & al., 2012), favorecen un crecimiento más rápido y una ocupación más efectiva que la vegetación natural, llegando a tapizar grandes extensiones cuya erradicación resulta muy difícil. Este comportamiento ha llevado a considerarla entre las especies exóticas invasoras que más problemas genera en los sistemas dunares españoles.



Imagen 1. Letrina de conejo (*O. cuniculus*) con elevada presencia de plántulas de *Carpobrotus edulis* en las dunas de Rafalell (Valencia). Germinación asociada a los excrementos. Abril 2013.

El grado de invasión que alcanzó esta especie en amplios sectores de la costa mediterránea española, y también en la Comunidad Valenciana, llevó a la redacción de diversos estudios para valorar la situación de la planta en el litoral valenciano^{1,2}, mediante la cartografía de las áreas ocupadas por la especie, la valoración de la biomasa (Tabla 1) y una estimación de los costes económicos, calculados en un total de 2.110.369€.

¹ Mayoral, O. & M.A. Gómez Serrano (2002) Proyecto de mejora del poblamiento vegetal del litoral de la Comunidad Valenciana. Conselleria de Medi Ambient. Informe inédito.

² Gómez Serrano, M.A. & O. Mayoral (2003) Proyecto I+D aplicado a la conservación de ecosistemas dunares afectados por la invasión de *Carpobrotus edulis*. Conselleria de Territorio i Habitatge. Informe Inédito.

Tabla 1. Área afectada y ocupada por *Carpobrotus edulis* en la Comunitat Valenciana, con referencia al peso y volumen de los residuos generados en una eventual erradicación (Gómez Serrano y Mayoral, 2003²).

Provincia	Nº recintos	Superficie afectada (Ha)	Superficie ocupada (Ha)	Peso residuos (Tm)	Volumen residuos (m ³)
Alicante	664	77,8	25,5	2.795,4	1.793,7
Valencia	1.315	39,9	19,5	1.909,3	1.372,5
Castellón	176	2,8	1,6	154,0	110,7
Total	2.155	102,6	46,6	4.558,7	3.276,9

Superficie afectada: Área de los recintos cartografiados que incluyen la especie invasora. Este valor está asociado a un porcentaje de cobertura por recinto. *Superficie ocupada:* valor de ocupación real de la planta en el recinto. Este valor indica la dimensión de la invasión y el volumen de la especie en una eventual extracción

Aquellos informes supusieron el inicio de diversos trabajos de erradicación de *Carpobrotus* en dunas de la Comunitat Valenciana. Sin embargo, varios años después de la finalización de estas acciones se carecía de una valoración específica de los resultados obtenidos. En este sentido, debe mencionarse que otras campañas de erradicación de esta invasora en amplios territorios, como la ejecutada durante 4 años en Menorca al amparo del proyecto LIFE-Flora³, tampoco ofrecen resultados de seguimiento de las áreas de actuación (Fraga & al., 2006). Por el contrario, la erradicación de *Carpobrotus* en Andalucía sí fue objeto de seguimiento un año después de la actuación, analizando la capacidad de regeneración de la planta invasora y la recuperación de las comunidades dunares características (Andreu & al., 2010). Los objetivos, el planteamiento metodológico y los resultados coinciden con los obtenidos en la presente evaluación de las actuaciones en la costa valenciana.

Para subsanar esta carencia, se ha recopilado la información disponible sobre actuaciones de erradicación de la especie, y se ha realizado una revisión de algunas áreas costeras con el objetivo de valorar la efectividad de las actuaciones de control y erradicación de *Carpobrotus edulis* en lo relativo a la recuperación de los sistemas dunares. El objetivo de este trabajo es determinar si la eliminación de esta especie es efectiva, valorado tanto su capacidad recolonizadora como la regeneración de las comunidades características de las dunas y la mejora del estado de conservación del hábitat.

2. TRABAJOS REALIZADOS

La erradicación de *Carpobrotus* ha sido ensayada con diferentes métodos. La magnitud de la invasión y las características de la especie invasora llevó a considerar la posibilidad de utilización de métodos químicos. Los resultados obtenidos en la Dehesa de l'Albufera (Hueso, 2002) confirmaron la presencia de Glifosato en el suelo hasta 2 años después de la aplicación del tratamiento y efectos negativos sobre algunas especies. No obstante, este estudio no evaluaba los efectos del herbicida sobre la emergencia de las especies características de las dunas. En 2008, el SVS encargó a la Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Gandía) un estudio para evaluar los efectos del glifosato sobre la germinación, la supervivencia y el desarrollo de diversas

³ Proyecto LIFE-NATURA (LIFE2000NAT/E/7355) "Programa de conservación d'àrees amb flora amenaçada de l'Illa de Menorca" (2001-2004).

especies abundantes en las comunidades dunares y para determinar la dosis efectiva mínima de glifosato para la erradicación de *Carpobrotus*⁴.

Los resultados concluyeron que el glifosato es efectivo como sustancia fitocida para la eliminación del *Carpobrotus* a una dosis mínima de 0,3 g/m², aunque los daños no se materializan de forma significativa hasta después de los 60 días de la aplicación. Respecto a la germinación de las especies características de las dunas, el estudio apunta que las fumigaciones incluso con la dosis mínima efectiva, provoca una reducción en el porcentaje de germinación, aunque no la inhibe completamente. Por su parte, los restos de glifosato que permanecen en la arena, no parecían afectar al crecimiento y desarrollo de las plántula emergidas, al menos en las aplicaciones con dosis mínima efectiva. Finalmente, confirmaron que los restos de *Carpobrotus* provocan la inhibición de la germinación en todas las especies estudiadas. Este resultado obliga a retirar de los restos tras la fumigación y muerte de la planta para permitir que se activen los procesos de regeneración.

Toda la información disponible aconsejó la selección de medios manuales para la erradicación de *Carpobrotus* y su posterior embolsado y depósito en contenedores para traslado a un centro gestor autorizado de residuos de esta naturaleza. El empleo de estos métodos requiere una mayor inversión en mano de obra y transporte de los restos a vertederos autorizados, pero evitan las aportaciones de biocidas en los hábitats naturales y las consecuencias ecológicas que ello conlleva. En este sentido, en 2003 se ensayó el triturado *in situ* de los restos con el objetivo de reducir su volumen y reducir los costes de transporte². Los resultados confirmaron una reducción del volumen de los restos del 83,6%, que supondría una significativa disminución de los costes de transporte. Estos costes podrían eliminarse si se confirmara que los restos triturados carecen de la capacidad para inhibir la germinación de otras especies y fueran depositados directamente en las zonas de erradicación.

La información incluida en los informes indicados fue utilizada para iniciar las actuaciones de erradicación de *Carpobrotus* en el litoral de la Comunitat Valenciana mediante métodos manuales. En 2006, se seleccionaron diversas áreas de actuación urgente para la ejecución de la propuesta "Obras de eliminación de plantas exóticas invasoras en la Comunidad Valenciana", destinada a la eliminación de especies invasoras en hábitats dunares y costeros. Los trabajos realizados durante los meses de septiembre y octubre permitieron la extracción de 70.000 kg de material vegetal perteneciente a 10 especies, aunque la extracción de *Carpobrotus edulis* y *Agave sp.* supuso el 90% del total de la biomasa extraída: 37.700 y 28.131 kg respectivamente. Tras la ejecución de esta acción, los trabajos de control y erradicación de especies exóticas invasoras fueron asumidos por las brigadas de biodiversidad, con la participación de otros servicios de la propia Conselleria, así como otros colectivos y administraciones.

El organismo más activo en el control de esta especie invasora ha sido el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), a través de las **Demarcaciones de Costas**, que han venido desarrollando desde 2008 acciones de eliminación de *Carpobrotus* en diferentes áreas del litoral valenciano. En muchos casos, éstas han sido complementadas con actuaciones paralelas destinadas a la fijación de las dunas y a favorecer la regeneración vegetal (Imagen 2).

⁴ Fos Causera, M.; E. Sanchis Duato & F.B Sanz Vidal (2008) Estudio de los efectos de la eliminación de *Carpobrotus* con glifosato sobre la regeneración de la vegetación dunar. UPV-Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Informe Inédito.

Otro Servicio de la Conselleria que está interviniendo en el control de especies invasoras es el **Gestión de Espacios Naturales Protegidos**. En los Parques Naturales litorales (Serra d'Irta, l'Albufera, Salines de Santa Pola y Prat de Cabanes-Torreblanca), las brigadas de los parques están desarrollando desde 2008 acciones de eliminación de especies exóticas invasoras, entre las que se encuentra *Carpobrotus edulis*. Los datos recogidos en las Memorias Técnicas de Gestión de los tres primeros Parques Naturales mencionados (<http://www.citma.gva.es/web/parques-naturales>) suponen una extracción total de 85,6 toneladas. La memoria técnica del P.N. Prat de Cabanes-Torreblanca también menciona acciones de erradicación de *Carpobrotus*, pero no indica las cantidades extraídas (Tabla 2).

Otra entidad que ha realizado actuaciones de control de *C. edulis* ha sido la **Fundación Medioambiental Huerta** que, con el apoyo del Servicio de Vida Silvestre que facilitó la cartografía de las áreas de ocupación en la zona de trabajo y participó con voluntarios de la propia Conselleria, eliminó 31.000 kg en las costas de Sagunt, lo que supuso la completa eliminación de esta especie invasora en este tramo del litoral. Otras fundaciones o entidades locales también han realizado acciones puntuales de eliminación de uña de gato en diversas áreas de la costa valenciana, p. ej., durante 2013, la **Fundación Limne** ha realizado actividades de extracción de *Carpobrotus* en las dunas de la Dehesa del Saler (P.N. de l'Albufera, Valencia), Gandía, Burriana y el Clot de Galvany (Elx) que supusieron la extracción de 14.550 kg.



Imagen 2. Restos de los recintos instalados en la playa de Daimús (Valencia) en el marco de las actuaciones realizadas por la Demarcación de Costas de Valencia para la fijación de las dunas y la restauración de la cubierta vegetal tras la eliminación de *Carpobrotus*. Imagen tomada en junio de 2014.

Dadas las diferentes unidades de valoración del material extraído (peso, volumen, superficie, jornales), utilizadas por cada gestor, todas se han transformado en peso (Kg) utilizando los factores de conversión utilizados en la bibliografía:

- 1 kg = 0,00703 m³
- 1 jornal=19,3548 m²
- 1 m² (al 100% de cobertura) = 9,78 ± 4,43 kg.

Tabla 2. Peso extraído de *Carpobrotus edulis* en los diferentes municipios donde se ha venido actuando desde 2006 y peso estimado antes de las actuaciones, extraído de Gómez-Serrano & Mayoral (2003). Los porcentajes de peso extraído sobre el estimado superiores al 100% se deben relacionar con el tiempo transcurrido entre la estimación (2003) y la actuación, o a subestimación de las cantidades iniciales existentes. Los resultados incluyen las actuaciones realizadas por el MAGRAMA (*), la Fundación Limne (L), los Parques Naturales (PN) y las continuadas por la fundación Huerta (#).

Provincia	Municipio	Peso Es- timado 2003 (kg)	Peso Total Extraído (Kg)	Años de actuación	% Extraído/Estimado
A	Alacant	16.570	60	2007	0,4
A	Calp	3.340	670	2009, 2013	20,1
A	Elx ^(L)	353.120	22.723	2006, 2008-2010	6,4
A	Guardamar del Segura ^(*)	1.309.660	215.451	2009, 2010, 2012	16,5
A	Jávea	26.050	32.800	2007	125,9
A	Santa Pola ^(PN)	413.330	33.301	2008-2010, 2012-2013	8,1
A	Vilajoyosa	7.320	10.000	2007	136,6
Cs	Alcalá de Xivert ^(*)	14.520	14.902	2006-2007	102,6
Cs	Almenara ^(*)	9.980	223	2010-2013	2,2
Cs	Benicassim	130	244	2009	187,9
Cs	Burriana ^(L)	17.540	704	2013	4,0
Cs	Cabanes	23.700	35.338	2007, 2012-2013	149,1
Cs	Castellón	26.000	2.700	2007	10,4
Cs	Peñíscola ^(PN)	190	114	2012	59,9
V	Alboraya*	26.980	64.000	2009	237,2
V	Cullera ^(*)	312.150	33.000	2008, 2011	10,6
V	Daimús	21.870	142	2012	0,7
V	Gandia ^(L)	13.800	22.551	2007, 2013	163,4
V	Guardamar de la Safor	0	285	2012	100,0
V	Oliva ^(*)	467.110	117.000	2009	25,0
V	Piles	23.838	31.820	2006, 2010, 2012	133,5
V	Sagunt ^(#&*)	58.980	183.596	2007, 2010-2011, 2013	365,6
V	Sueca ^(*)	200.850	53.571	2010-2011	26,7
V	Tavernes de la Valldigna ^(*)	197.490	722.000	2008, 2009	365,6
V	Valencia ^(*&L)	337.530	120.967	2010-2011, 2013	35,8
V	Xeraco*	146.810	274.925	2008-2009, 2012	187,3
V	P.N l'Albufera de València ^(PN)	-	62.233	2008-2012	-
	Total	4.029.198	2.055.321		51,01%
	Total CV	4.558.670			45,09%
	Total CV en dunas	4.050.372			50,74%

Las cantidades totales extraídas hasta la fecha ascienden a 2.055.321 kg que representan poco más del 50% del total estimado en 2003 para los 26 municipios en los que se han desarrollado actuaciones (Tabla 2). Estos municipios albergaban el 88% de la cantidad total de *Carpobrotus* estimada para el litoral valenciano (4.558.670 kg) y, por tanto, las cantidades eliminadas suponen el 45,6% del total. No obstante, la revisión actual se centra en la recuperación de las dunas litorales que son los ecosistemas más invadidos por *Carpobrotus*. Según los resultados expuestos en la memoria de 2003, su presencia en dunas representa el 91,3% y el 88,9% de la superficie total afectada y ocupada, respectivamente. Por tanto, las cantidades totales extraídas representan cerca del 50,7% de la cantidad total estimada para los ecosistemas dunares valencianos.

En este sentido, debe mencionarse la posible disparidad entre los valores indicados en la evaluación de 2003 y los valores reales cuando se ejecutaron las diferentes actuaciones como consecuencia del tiempo transcurrido. La revisión realizada en las dunas de Guardamar del Segura (Alicante) ha confirmado un incremento medio de la superficie afectada del 177% en 9 años⁵. Estos incrementos permiten explicar los porcentajes superiores al 100% que se incluyen en la última columna de la Tabla 2.

Tabla 3. Peso extraído de *Carpobrotus edulis* en las diferentes campañas, diferenciando los trabajos realizados por el Servicio de Vida Silvestre (SVS), fundamentalmente por las Brigadas de Biodiversidad (BB), y por otras instituciones.

Anualidades	Peso (Kg)	Jornales
2006 (obras SVS)	34.487	184,8
2007 (BB)	211.330	1.035,9
2008 (BB)	6.594	32,3
2009 (BB)	8.281	40,6
2010 (BB)	4.112	20,2
2011 (BB)	79	0,4
2012 (BB)	2.917	14,3
2013 (BB)	4.253	20,8
Total SVS	271.096	1.349,3
2008-2012 (MAGRAMA)	1.651.978	-
2008-2013 (Parques Naturales)	85.619	-
2007 (Fundación Huerta)	31.000	-
2013 (Fundación Limne)	14.550	-
Total Otros	1.784.225	-
Total Extraído	2.055.321	-

⁵ Evolución de la invasión de *Carpobrotus edulis* y *Agave americana* en el LIC Dunes de Guardamar (Guardamar de Segura, Alicante) entre 2003 y 2014. Servicio de Vida Silvestre. Agosto, 2014.

3. EVALUACIÓN DE LA ACTUACIÓN

Áreas seleccionadas

De las actuaciones realizadas en las dunas litorales, se seleccionaron para su evaluación las zonas de Piles, Daimús, Sagunt, Xeraco (Valencia) y Almenara (Castellón). Para las tres primeras se dispone de la información florística y de abundante material fotográfico obtenido durante la revisión previa a la ejecución de los trabajos de erradicación de 2006. Tras la revisión de las áreas seleccionadas inicialmente, se ha descartado la playa de Almenara porque las obras de acondicionamiento de la playa (creación artificial de dunas, plantaciones, instalación de vial, etc.) ejecutadas por el MAGRAMA en 2010, introducen variables adicionales que impiden relacionar el estado actual de la vegetación dunar con la recuperación tras la eliminación de *Carpobrotus*.

Evaluación de la efectividad de la erradicación

Las áreas incluidas en este estudio han sido rastreadas de forma exhaustiva con el objetivo de determinar la situación actual de la invasión por *Carpobrotus edulis*, prestando especial atención a los recintos cartografiados en 2003. Los ejemplares detectados han sido georreferenciados (UTM, Huso 30, ETRS89) y medidos (superficie y porcentaje de recubrimiento) para calcular la superficie afectada y la superficie real ocupada. La localización de todas las manchas ha sido oportunamente comunicada para su inclusión en próximas programaciones de las brigadas de biodiversidad para su erradicación.

Selección de los puntos de muestreo e inventario de la vegetación

La revisión de las zonas seleccionadas para evaluar la recuperación de las comunidades vegetales está basada en una valoración comparada de áreas que estuvieron densamente cubiertas por *Carpobrotus* antes de las acciones de erradicación frente a otras próximas no afectadas por la especie invasora. Para ello, se ha partido de la información recopilada en la cartografía de ocupación elaborada en 2003. Esta cartografía aporta información adicional sobre las dimensiones de las manchas de *Carpobrotus*. Estos datos han sido considerados para la selección de las áreas de inventario, seleccionando posiciones en el interior de polígonos de elevada cobertura de la especie invasora. Para completar la serie de inventarios en una zona concreta, se han seleccionado algunas manchas aisladas con áreas de ocupación superiores a 30 m². La localización definitiva ha sido establecida con ayuda del GPS, respecto a las coordenadas indicadas en la cartografía, y de las fotos tomadas en 2006 en la revisión destinada a la selección de las áreas de actuación de la propuesta ejecutada en esa anualidad. Además, la serie de ortofotos históricas del visor interno de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente ha permitido localizar de forma precisa las manchas de *Carpobrotus* (Imagen 3). En las proximidades de cada zona de inventario de área ocupada por *Carpobrotus*, se ha tomado el inventario complementario en el área no afectada por la planta invasora.

También se han seleccionado parcelas de inventario en puntos afectados actualmente por la presencia de *Carpobrotus* (Imagen 8) para confirmar la incidencia de la planta invasora sobre la riqueza de especies y sobre la cobertura de las comunidades vegetales.

Cada parcela de 10 m² fue delimitada mediante cuerda y estacas (Imagen 4) y georreferenciada (Coordenadas UTM, Sistema de referencia ETRS89) mediante GPS con lectura desde el centro con un error estimado de ± 3 m. El inventario se realizó siguiendo el método fitosociológico que asignada la siguiente escala relativa según la cobertura de las especies: + (ejemplares aisladas o en nº muy pequeño); 1 (cobertura mínima); 2 (cobertura <25%); 3 (cobertura 25-50%); 4 (cobertura 50-75%); 5 (cobertura >75%).

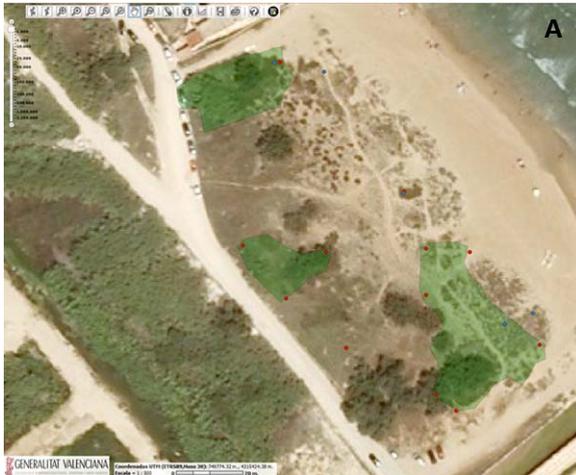


Imagen 3. Playa de Piles (S de Valencia). Documentación utilizada para la ubicación de las áreas de inventario en posiciones afectadas y no afectadas por *Carpobrotus*. **A.** Localización de las áreas de ocupación de *Carpobrotus* elaborada en 2003 (polígonos verdes y puntos rojos) sobre Ortofoto de 2006 (Visor Interno CITMA). **B.** Aspecto general de la zona en febrero de 2006. **C.** Localización de los mismos polígonos y puntos sobre ortofoto básica de 2012 y de los centroides de las áreas de inventario (puntos azules).



Imagen 4. Delimitación de parcelas de 10 m² para inventario de la vegetación dunar, mediante el método fitosociológico. Playa de Piles (S de Valencia), junio 2014.

Paralelamente, se ha elaborado un inventario completo de la flora presente en toda la zona. Todos los datos florísticos han sido incorporados al Banco de Datos de Biodiversidad de la Comunitat Valenciana (BDBCv).

Las comunidades vegetales que colonizan las dunas litorales se estructuran de forma característica en bandas paralelas a la línea de costa (Fig. 1). Sin embargo, la alteración que han sufrido estos ecosistemas (presión humana, transformación, nitrificación, colonización por especies invasoras, etc.) ha introducido cambios notables en esta disposición teórica de la vegetación dunar que impiden diferenciar estas comunidades. Las áreas incluidas en esta revisión albergan las especies características de las comunidades psamófilas litorales, pero dispuestas de manera aleatoria por gran parte de las dunas y conviviendo los elementos característicos de las diferentes comunidades. En consecuencia, no ha considerado esta variable en la selección de las áreas de inventario. Igualmente, esta situación impide comparar los inventarios obtenidos con aquellos característicos que ofrece la bibliografía.

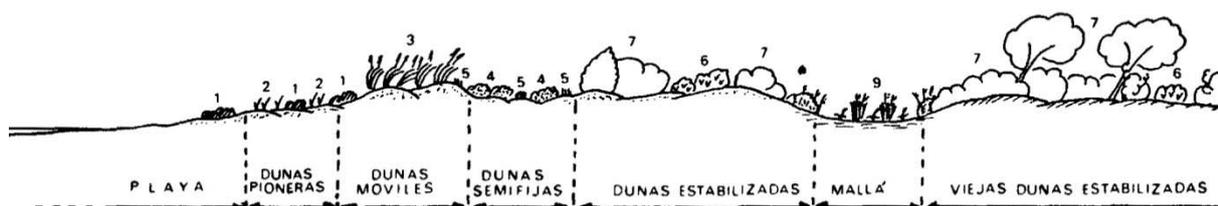


Figura 1. Esquema teórico de la vegetación potencial en los sistemas dunares valencianos, mostrando el ejemplo de la vegetación natural primitiva de la Dehesa del Saler (Valencia). 1. Barrilla anual con oruga marina (*Salsola-Cakiletum aegyptiacea*). 2. Lastonar abierto pionero sobre dunas pioneras (*Agropyretum mediterraneum*). 3. Lastonar de barrones de las dunas móviles (*Medicago-Ammophyllum arundinaceae*). Formación de melera y credeueta marina en dunas semifijas (*Crucianelletum maritimae*). 5. Pastizal terofítico de alfileres y alhelí marino (*Erodio-Malcolmietum parviflorae*). 6. Brolla de jaguarzo blanco (*Teucrio belionis-Helimiolum halimifoli*). 7. Mata de espinal y labiérnago (*Phillyreo angustifoliae-Rhamnetum angustifoliae*). 9. Malladas con juncales halófilos. Tomado de Costa & Mansanet (1981).

En la playa de Daimús, se ha evitado la localización de inventarios en las áreas donde se han introducido elementos adicionales de fijación de las dunas (Imagen 2) para evitar las diferencias que introducen respecto al resto de áreas.

Tratamiento estadístico de los inventarios

Los inventarios han sido analizados con el paquete estadístico B-VegAna (Análisis de Vegetación y Biodiversidad), concretamente mediante el uso de los módulos Quercus para la edición de datos del tipo inventario y Ginkgo para la ordenación y clasificación de inventarios a partir de datos multivariantes (De Cáceres & *al.*, 2003). Este último módulo permite aplicar técnicas de ordenación (Análisis de Componentes Principales) y clasificación (Análisis Cluster), a partir de una matriz de distancia obtenida mediante el cálculo de la distancia euclídea y ligamiento completo entre pares de inventarios. Los análisis han sido realizados de forma independiente para cada una de las áreas y de forma conjunta con todos los inventarios. Estos últimos son los que se presentan en el apartado correspondiente, porque ofrecen una visión más general de todos los sistemas dunares revisados, ofreciendo los mismos resultados que muestran los tratamientos estadísticos por áreas.

4. RESULTADOS

La primera evidencia obtenida de la revisión de las diferentes áreas es que las condiciones climáticas de este año, con precipitaciones mínimas desde el pasado mes de septiembre, han resultado muy negativas para el desarrollo de la vegetación. Esta circunstancia se refleja claramente en el estado vegetativo de las plantas. Así, los caméfitos (*Malcolmia littorea*, *Lotus creticus ssp. creticus*, *Medicago marina*, *Crucianella maritima*, *Ononis natrix ssp. ramosissima*) y algunos hemcriptófitos (*Echium sabulicolum*, *Erodium laciniatum*, *Euphorbia terracina*, *Centaurea seridis*,) muestran una floración y una cobertura foliar muy reducida, síntomas de desecación muy severos e, incluso, ejemplares muertos. Por su parte, los terófitos (*Cakile marítima*, *Salsola kali*, *Cutandia marítima*, *Lagurus ovatus*, *Medicago littoralis*, *Vulpia aloperucos*) han completado su ciclo anual muy anticipadamente, en muchos casos con un desarrollo insuficiente que impide la identificación específica, o han mostrado una presencia muy baja. Algunos hemcriptófitos (*Echinophora spinosa*) y geófitos (*Eryngium maritimum*, *Cyperus capitatus*) con estructuras radiculares más desarrolladas, son los que aportan algo de vitalidad a las comunidades (Imagen 5).

No obstante, se pueden extraer resultados fiables sobre la efectividad de los trabajos de erradicación y sobre la regeneración efectiva de las comunidades dunares tras la eliminación de esta especie invasora.

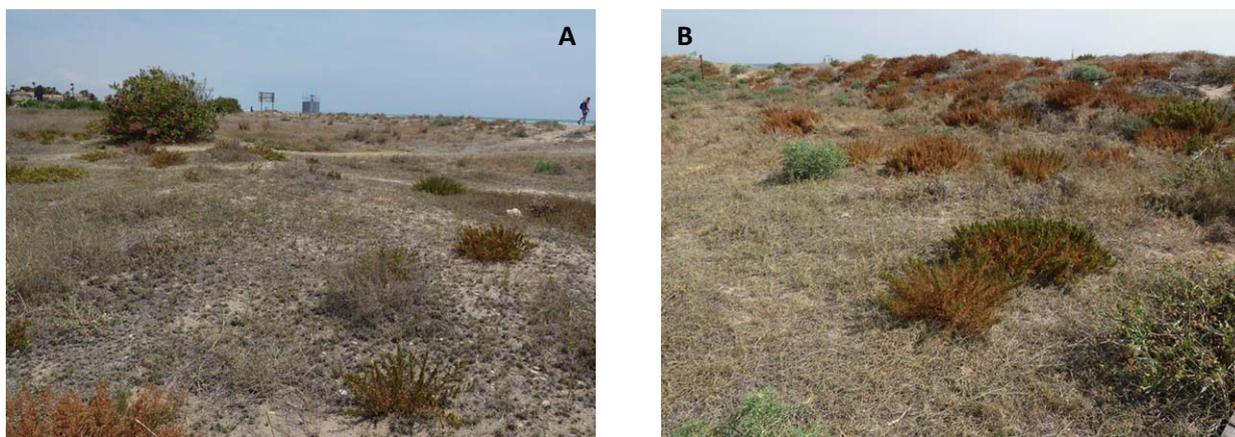


Imagen 5. Aspecto general de la vegetación mostrando los efectos de la intensa sequía. **A.** Playa Corinto (Sagunt, N de Valencia). **B.** Playa de Daimús (S de Valencia). Junio 2014

Efectividad de los trabajos de extracción de *Carpobrotus edulis*

La revisión exhaustiva de las diferentes áreas seleccionadas ha confirmado que la invasión ha sido prácticamente eliminada en la mayor parte del territorio incluido en este estudio. La revisión exhaustiva de toda la extensión de las dunas en los 4 municipios considerados ha permitido detectar ejemplares dispersos en todos los casos, aunque las matas detectadas corresponden a elementos puntuales⁶ y, en su mayoría, se trata de ejemplares de dimensiones reducidas, con áreas afectadas u ocupadas inferiores a los 5 m² (41% y 51%, respectivamente) (Fig. 2). Por el contrario, sólo se han detectado de forma ocasional ejemplares que superen los

⁶ Se utiliza el concepto “Elementos puntuales” siguiendo la definición utilizada por Cots & al. (2003), como aquellas superficies homogéneas de *Carpobrotus* inferiores a 300 m². Las que superan estas dimensiones son denominadas “Elementos poligonales”.

10 m² de superficie afectada (13%) u ocupada (5%) (Imagen 6). Esta distribución de tamaños sugiere que la colonización actual es el resultado de la aparición de nuevos ejemplares a partir del banco de semillas y, en menor medida, del rebrote de restos que quedan enterrados durante las tareas de extracción. Esta situación sugiere un importante papel del banco de semillas en la capacidad de recolonización de *Carpobrotus* (Andreu & al., 2010). Por el contrario, los escasos ejemplares de mayor tamaño es probable que no fueran detectados en su momento. En cualquier caso, la situación actual es fácilmente controlable con una nueva actuación de repaso que ya ha sido incluida en la programación de las Brigadas de Biodiversidad.

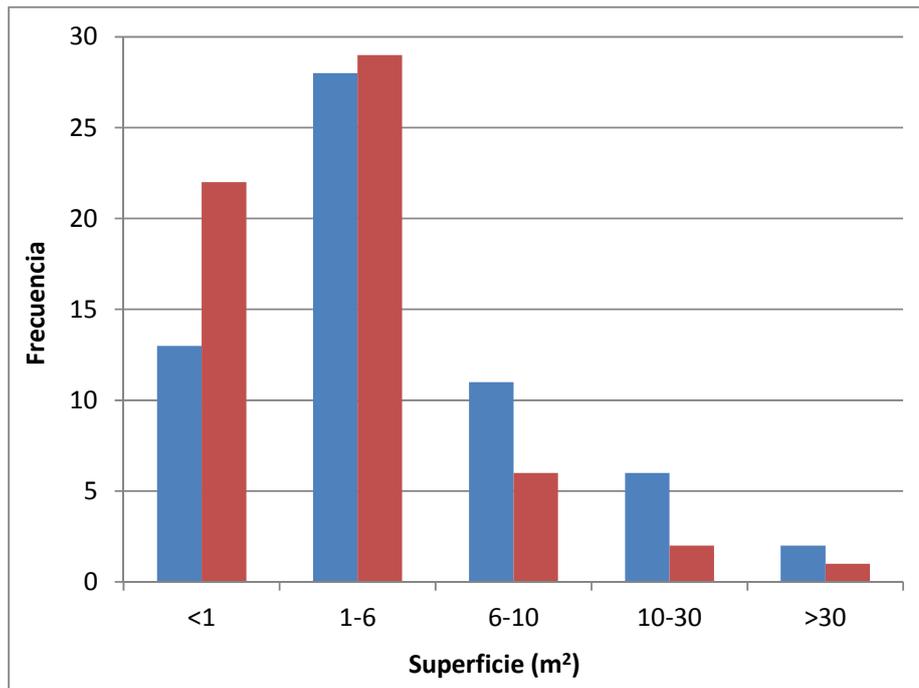


Figura 2. Distribución de frecuencias de las áreas afectada (columnas azules) y ocupada (columnas rojas) por las manchas de *Carpobrotus* detectadas en los sistemas dunares de los 4 municipios considerados.



Imagen 6. Los ejemplares de *Carpobrotus edulis* con áreas afectadas u ocupadas superiores a los 10 m² aparecen de forma puntual en las áreas de estudio. En la imagen, un ejemplar localizado en la playa de Malva-rosa (Sagunt) de los pocos observados que supera los 3 m de diámetro. Junio 2014

Los ejemplares detectados se localizan mayoritariamente en zonas situadas en las proximidades de construcciones y viviendas (Imagen 6) y en áreas más alejadas de la línea de costa, en comunidades dunares más alteradas, con mayor presencia de elementos nitrófilos banales, y en los juncales o herbazales húmedos que colonizan las depresiones post-dunares con mayor humedad edáfica, donde la mayor altura y densidad de la vegetación puede dificultar la localización de los ejemplares presentes. Las dunas que albergan la vegetación psamófila característica están en buena medida libres de la invasión o sólo albergan algunos ejemplares testimoniales que aparecen de forma muy dispersa. Estas observaciones confirman la posibilidad de reducir significativamente la presencia o incluso conseguir la erradicación de esta especie invasora en las dunas litorales que son, precisamente, los hábitats donde muestra su mayor capacidad expansiva y las consecuencias más agresivas sobre la vegetación autóctona característica.

En las dunas de Piles, Sagunt y Xeraco, las campañas de erradicación realizadas en 2006, 2007 y 2009, respectivamente, con la participación de diferentes administraciones (SVS, MAGRAMA) y colectivos (Voluntarios, Fundación Huerta), eliminaron todo el *Carpobrotus* presente en las diferentes áreas. En años posteriores, las Brigadas de Biodiversidad han realizados repasos para eliminar las nuevas plantas que han ido apareciendo (Tabla 4). Las observaciones actuales sugieren que las áreas con *Carpobrotus* detectadas en la presente revisión debieron quedar excluidas de los repasos realizados en 2012 (Piles y Xeraco) y 2013 (Sagunt).

Tabla 4. Peso extraído de *Carpobrotus edulis* en las diferentes campañas de erradicación en las zonas de estudio seleccionadas (no se incluyen los datos de Daimús por desconocerse las cantidades extraídas en la actuación del Ministerio). Se indican con asterisco (*) las extracciones que corresponden a tareas de repaso de acciones previas realizadas por las Brigadas de Biodiversidad. Las unidades de valoración del material extraído han sido transformadas a peso (kg) utilizando los factores de conversión señalados.

Municipio	Peso Extraído (Kg)/año						Peso Total (Kg)	Jornales (actuación+repasso)
	2006	2007	2009	2010	2012	2013		
Piles	29.900	-	-	782*	1.138*	-	31.820	158,4 (146,6+11,8)
Sagunt	-	129.800	-	52.800*	-	996*	185.596	899,8 (638,6+261,2)
Xeraco	-	-	274.000	-	925*	-	274.925	1.348 (1.338,6+9,4)

A la vista de estos resultados, se puede afirmar que los trabajos de control y erradicación de esta especie invasora han resultado muy satisfactorios en las áreas incluidas en esta valoración. Las actuaciones, con una campaña inicial y repasos posteriores, han conseguido eliminar a esta especie invasora en áreas con una importante superficie afectada. La extensión actual de la invasión es significativamente inferior al valor estimado en 2003 (Tabla 5). En todos los casos, se ha pasado de superficies de afectación entre 0,4 y 3,1 Ha y de ocupación entre 0,2 y 1,6 Ha a cantidades que no superan las 0,02 Ha y las 0,01 Ha, respectivamente. De hecho, los índices de afectación y ocupación, que relacionan la superficie afectada u ocupada (m²) con la longitud de la costa de cada municipio (m lineales), resultando útiles para determinar el grado de invasión de un municipio y realizar comparaciones relativas entre diferentes sectores litorales, se han reducido en todo los casos a la categoría más baja independientemente de la calificación obtenida en 2003.

Tabla 5. Superficies afectada y ocupada por *Carpobrotus edulis* según Gómez-Serrano & Mayoral (2003) y actualmente en los 4 municipios revisados. Para comparar el grado de invasión entre ambas fechas se han calculado los Índices de Afectación y Ocupación que se expresan como superficie afectada u ocupada, respectivamente (en m²) respecto a la longitud de la costa (en metros lineales). Los colores representan el valor del Índice de ocupación según las categorías establecidas en la bibliografía indicada. Verde=Ocupación leve; amarillo=moderada; naranja=grave; rojo=muy grave.

	2003			2014		
Municipio	Superficie afectada (Ha)	Superficie ocupada (Ha)	Índice Afectación/ Índice ocupación	Superficie afectada (Ha)	Superficie ocupada (Ha)	Índice Afectación/ Índice ocupación
Daimús	0,4	0,2	2,62 / 1,60	0,017	0,006	0,10 / 0,03
Piles	0,4	0,2	3,47 / 2,04	0,0004	0,0003	0,003 / 0,002
Sagunt	1,0	0,6	0,78 / 0,47	0,008	0,005	0,006 / 0,004
Xeraco	3,1	1,6	10,39 / 5,32	0,019	0,010	0,054 / 0,03

En resumen, una inversión global de 2.406 jornales, 2.124 para la erradicación y 282 en los diferentes repasos (Tabla 4), ha permitido reducir significativamente el problema que genera la extensión de *Carpobrotus* en las dunas litorales, supeditado únicamente a revisiones periódicas para eliminar las nuevas plantas que puedan ir apareciendo. Este repaso periódico es absolutamente necesario para garantizar la ausencia de esta planta invasora en las áreas donde ha sido erradicada. Los resultados confirman la reaparición de ejemplares a partir de pequeños fragmentos que permanecen en la zona tras la erradicación o, incluso, a partir del banco de semillas existente. En cualquier caso, la inversión requerida para este seguimiento es bastante baja y, por el contrario, el resultado que se obtiene es muy favorable, por el mismo y por garantizar la recuperación de las comunidades vegetales características en ausencia de la especie invasora.

Del total invertido para la eliminación de *Carpobrotus* en estas 3 áreas, el Servicio de Vida Silvestre ha dedicado, aproximadamente, el 31% (661 jornales; 112.370 €). El resto ha sido ejecutado por el MAGRAMA, por las Fundaciones Huerta y Limne y por las Brigadas de los Parques Naturales.

A la vista de los resultados obtenidos en la revisión de estos 4 municipios, se puede afirmar que los recursos dedicados al control y erradicación de esta especie invasora han sido efectivos.



Imagen 7. A. Eliminación de *Agave* y *Carpobrotus* en la Playa de Piles (S Valencia) en noviembre de 2006. **B.** Grupo de voluntarios de la Conselleria de Territori i Habitatge tras la jornada de eliminación de *Carpobrotus* en la playa de l'Almardà (Sagunt), mayo de 2007. La actividad organizada por el Servicio de Vida Silvestre permitió eliminar 1 Tm de *Carpobrotus*.

Regeneración de las comunidades dunares

El aspecto general de la vegetación que cubre las dunas en las 4 áreas revisadas sugiere una evolución favorable de la vegetación característica, que ha ocupado el espacio anteriormente dominado por las matas de *Carpobrotus*. Esta afirmación se basa en la imposibilidad de diferenciar aquellas zonas que estuvieron severamente afectadas por la invasión. La fisonomía de las comunidades, su cobertura o su composición florística muestra una uniformidad generalizada en toda la extensión de las dunas, sin discontinuidades evidentes que puedan relacionarse con la anterior presencia de una planta invasora tan excluyente para las plantas autóctonas como *Carpobrotus*.

Para confirmar la recuperación de la vegetación dunar, se han inventariado 52 parcelas, 20 en posiciones donde la especie invasora ha sido eliminada y 22 en otras donde ésta no ha estado presente. Además, se han realizado 10 inventarios adicionales que incluyen las matas de *Carpobrotus* de elevada densidad y cobertura (Imagen 8).

La diversidad vegetal se ve severamente afectada por la presencia de *Carpobrotus*, tanto en el número de especies como en el número de ejemplares/especie o su cobertura (GEIB, 2006; Vilà & al., 2006a, b; Andreu & al., 2010; Garzón & al., 2012). En presencia de *Carpobrotus*, la riqueza de ambas variables son más bajas dentro de las matas que fuera de ellas, como consecuencia de la ocupación efectiva del espacio y la capacidad de inhibición de la germinación. Los inventarios realizados en presencia de *Carpobrotus* así lo confirman. Por tanto, la comparación de los valores de riqueza específica y de cobertura de la comunidad entre los inventarios realizados en posiciones donde *Carpobrotus* ha sido erradicado y posiciones libres de la invasión debe resultar indicativa de la recuperación tras la eliminación.

Ambas variables muestran valores medios muy próximos para ambos conjuntos de inventarios y significativamente diferentes a aquellos obtenidos en los inventarios que albergan *Carpobrotus* actualmente. El número medio de especies por inventario es $10,6 \pm 1,6$ en los situados en posiciones libres, no afectadas por la especie invasora, y $10,2 \pm 1,6$ en los que se localizan en áreas densamente ocupadas por *Carpobrotus*. El porcentaje de cobertura también muestra valores medios muy próximos entre ambos tipos de inventario ($64,1\% \pm 9,6$ y $61,8\% \pm 13,3$, respectivamente). Estos valores contrastan con los obtenidos en los inventarios con *Carpobrotus*: $5,0 \pm 1,3$ especies y $89,5\% \pm 6,9$ (Fig. 3). Debe indicarse que los elevados porcentajes de cobertura en estos últimos los inventarios están condicionados por la presencia del propio *Carpobrotus*, siendo muy baja la contribución por el resto de especies características de dunas (Imagen 8).

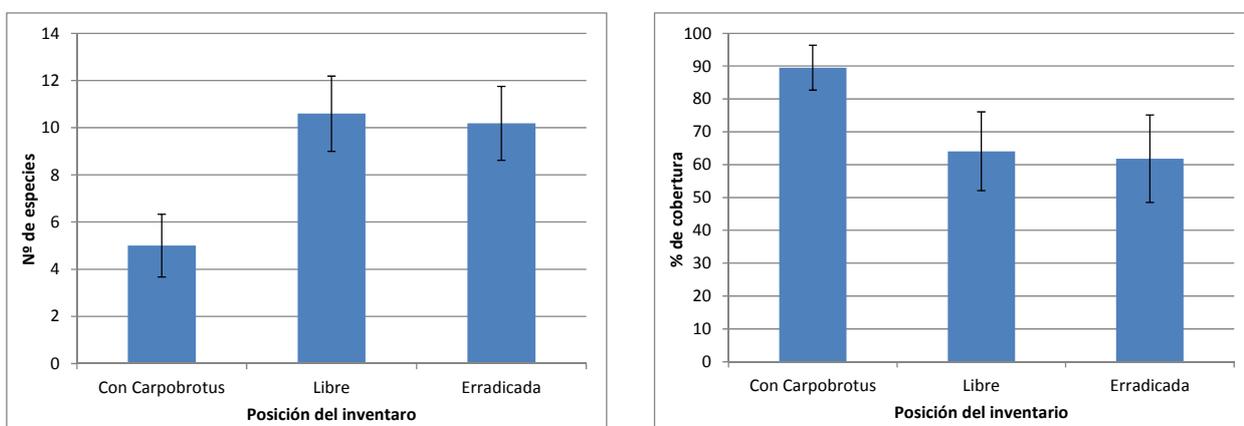


Figura 3. Valores medios (\pm Desviación estándar) de la riqueza específica (Izq.) y de la cobertura (Der.) en los inventarios realizados en parcelas con *Carpobrotus* presente, donde éste ha sido erradicado y en posiciones libres de la invasión.

La comparación de estas variables entre inventarios complementarios (Fig. 4) confirma que, actualmente, las diferencias entre ambas posiciones son mínimas, puesto que la mayoría de los inventarios coinciden en el número de especies o en el porcentaje de cobertura o se sitúan en las categorías centrales (± 1 especie y $\pm 10\%$ de cobertura). La mayoría de los pares de inventarios cumplen esta afirmación, concretamente el 60% en lo referente al número de especies y el 70% a la cobertura de la parcela.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Andreu & al. (2010) en los análisis realizados un año después de la extracción de *Carpobrotus* en diferentes zonas de la costa andaluza. La comparación de zonas invadidas, zonas erradicadas y zonas control (no afectadas por la invasión) sugiere que las especies características se establecen rápidamente tras la eliminación de *Carpobrotus*, recuperándose comunidades similares a las que ocupan las zonas no afectadas. En esta situación, no se consideran necesarias otras acciones adicionales para la recuperación de la flora y la vegetación propia de los sistemas dunares. También los estudios realizados por Garzón & al. (2012) en las dunas del Paraje Natural Marismas del Río Palmones (Algeciras-Los Barrios, Cádiz) confirman la existencia de diferencias significativas en la riqueza de especies y en el número de ejemplares dentro y fuera de las matas de *Carpobrotus*.

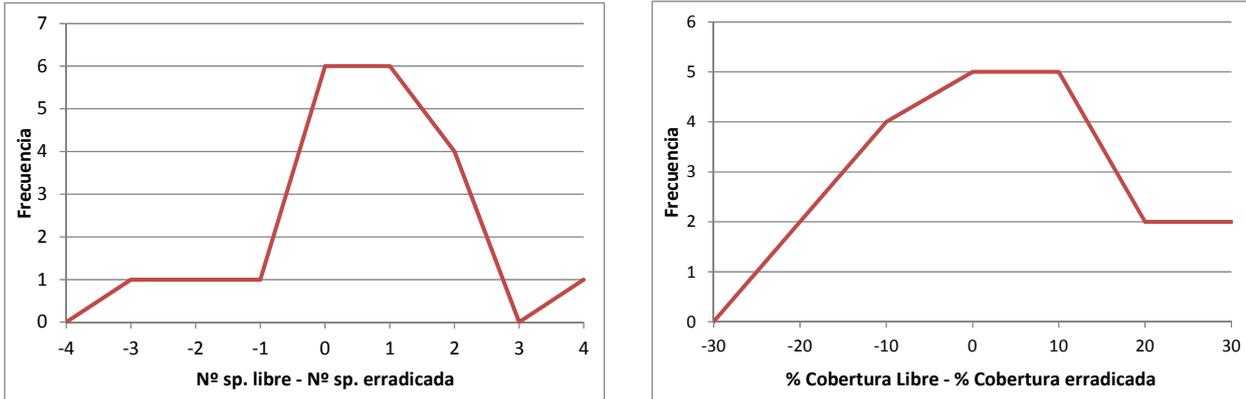


Figura 4. Distribución de frecuencia de las diferencias entre el número de especies (Nº sp.) y el % de cobertura del área de inventario (% Cobertura) entre los inventarios complementarios: los realizados en parcelas donde *Carpobrotus* ha sido erradicado y en parcelas próximas libres de la invasión.



Imagen 8. Parcela de inventario con *Carpobrotus edulis* en la playa de Malva-rosa (Sagunt). La densa ocupación del espacio reduce significativamente el número de especies, aunque mantiene una cobertura elevada, incluso superior a la que muestra las comunidades dunares características. Junio 2014

Las actuaciones de erradicación se han ejecutado en diferentes años, entre 2006 (Piles) y 2010 (Daimús), lo que implica diferencias en los periodos de recuperación; sin embargo, no se observan diferencias significativas en el número de especies por inventario (Fig. 5 izquierda) ni en la cobertura de la parcela (Fig. 5 derecha) entre las diferentes zonas. La primera variable muestra valores inferiores en Daimús que corresponde a la zona con un periodo de recuperación inferior; no obstante, debe indicarse que esta zona muestra el total de especies en el conjunto de inventarios más bajo, con sólo 13 especies, frente a las 20 observadas en Piles y Xeraco y las 26 en Sagunto.

Tampoco se observan diferencias significativas en los porcentajes de cobertura ni paralelismo alguno con el plazo de recuperación; de hecho, la cobertura más baja corresponde a los inventarios de Xeraco en posiciones en que se ha erradicado el *Carpobrotus*, área que no se corresponde con la actuación más reciente.

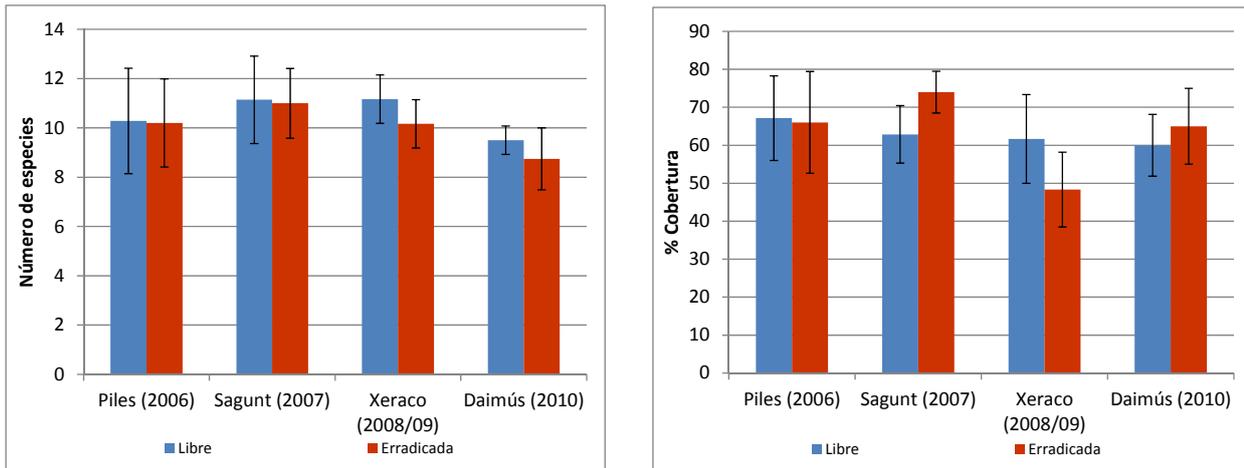


Figura 5. Valores medios (\pm Desviación estándar) de la riqueza específica (izquierda) y del porcentaje de cobertura (derecha) en los inventarios realizados en parcelas donde *Carpobrotus* ha sido erradicado (columnas rojas) y en parcelas libres de la invasión (columnas azules) para cada una de las zonas revisadas. Se indica en cada caso el año de ejecución de las acciones principales de erradicación.

Finalmente, los inventarios han sido sometidos a tratamientos estadísticos para comprobar la existencia de diferencias florísticas entre ambos conjuntos de inventarios. Estos métodos permiten a Garzón & *al.* (2012) confirmar una marcada agrupación de los inventarios según su localización dentro y fuera de las manchas de *Carpobrotus*.

Por el contrario, los inventarios realizados en Piles, Sagunt, Daimús y Xeraco (Fig. 6) no muestran este comportamiento. Los resultados obtenidos muestran una mezcla más o menos dispersa de los inventarios en posiciones con *Carpobrotus* erradicado (marcadores rojos) y en posiciones libre de la invasora (marcadores verdes). Los inventarios con *Carpobrotus* presente no han sido incluidos en el tratamiento estadístico.

Los tratamientos estadísticos realizados de forma independiente para cada una de las áreas estudiadas ofrecen resultados equivalentes por lo que respecta a la ausencia de agrupamientos relacionados con la ubicación del inventario en posiciones con *Carpobrotus* erradicado o libres de la especie invasora. Tras la erradicación de la planta, se inicia una recolonización del espacio ocupado por el conjunto de especies presentes en la zona con un resultado semejante al que presentan las zonas que nunca han sido afectadas por la invasión. Además, las comunidades vegetales se aproximan a las potenciales en un plazo inferior a los 4 años, porque tampoco pueden observarse diferencias asociadas al tiempo transcurrido desde la erradicación. De hecho, los inventarios de Piles y Daimús que marcan el máximo y el mínimo de los tiempos de regeneración (8 y 4 años, respectivamente) aparecen relacionados en el ACP y en el dendrograma.

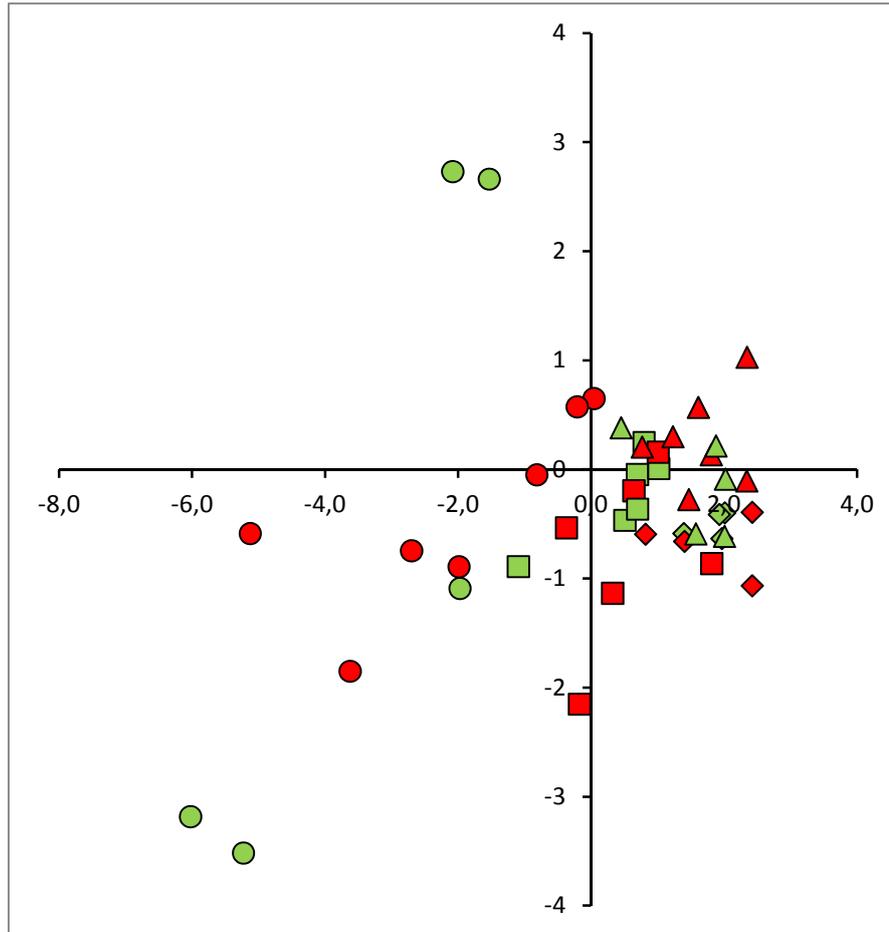


Figura 6. Ordenación (Análisis de Componentes Principales) de los inventarios en los 2 primeros ejes (25,57% de la varianza). La simbología hace referencia al área de estudio: □ = Piles; ○ = Sagunt; ◆=Daimús; △=Xeraco. El color indica la posición del inventario donde *Carpobrotus* ha sido eliminado (Rojo) o donde la especie invasora no estaba presente (verde).

Todos los análisis realizados evidencian que, tras la eliminación de *Carpobrotus*, se produce una recuperación efectiva de las comunidades dunares características (Imagen 9). Este proceso se manifiesta en un incremento en el número de especies hasta alcanzar valores semejantes a los que se registran en áreas próximas, no afectadas por la invasión, y, paralelamente, en un incremento de la cobertura por las especies propias de estos medios que ocupan el espacio que ha quedado libre, sin cobertura vegetal, tras la eliminación de *Carpobrotus*.



Imagen 9. Evolución de la vegetación dunar en Playa de Piles (S Valencia).

A. Vista general de las dunas en febrero de 2006 mostrando la invasión por *Carpobrotus edulis*.

B. Vista de la misma zona tras la eliminación de la planta invasora (enero 2007).

C. Aspecto actual (mayo 2014). Las comunidades características ocupan uniformemente toda el área de actuación, aunque las plantas muestran un aspecto agostado como consecuencia de la acusada sequía de este año.



5. CONCLUSIONES

- Las acciones de erradicación de *Carpobrotus* en dunas de la Comunidad Valenciana ejecutadas por diferentes entidades entre 2006 y 2013 han supuesto la retirada de 2.055 Tm de esta especie invasora, lo que representa el 45,1% del estimado en 2003 en nuestra costa y algo más de la mitad del presente en ecosistemas dunares.
- La mayor contribución a este esfuerzo lo han realizado las Demarcaciones de Costas (MAGRAMA), que han retirado un 80,4 % del total. Le sigue en importancia el Servicio de Vida Silvestre, que ha retirado más de 272 Tm (13,2%) con una inversión de 1.349 jornales que representan un coste de 229.381 €, actuando en 21 municipios diferentes. Las acciones realizadas por el SVS han afectada a 21 municipios diferentes. Otras administraciones (Parques Naturales, Ayuntamiento de Valencia) y ONG (Fundación Huerta, Limne, Voluntarios, etc.) también han desarrollado actuaciones de eliminación de *Carpobrotus*.
- La revisión de 4 de los sistemas dunares (Piles, Sagunto, Daimús y Xeraco) donde se han realizado acciones de erradicación de *Carpobrotus*, con sus respectivos repasos periódicos, han confirmado la efectividad de los trabajos. En todos los casos, la invasión ha sido eliminada y sólo han podido detectarse algunos ejemplares aislados en Piles y Sagunto que serán eliminados próximamente por las brigadas de biodiversidad.
- Los inventarios realizados en parcelas previamente ocupadas por *Carpobrotus* y libres de la invasión no muestran diferencias significativas para las variables más afectadas por la presencia de matas de *Carpobrotus*: el número de especies o en la cobertura de la vegetación. Además, los análisis de ordenación y clasificación confirman que la composición florística de las comunidades presentes en posiciones antaño cubiertas por la especie invasora no muestran diferencias respecto a las que colonizan aquellas posiciones que no han sido afectadas por la invasión.
- Los resultados han confirmado que la erradicación de esta especie invasora es una tarea abordable que ofrece resultados positivos tras una erradicación completa de la planta y posteriores repasos. Tras la eliminación de la especie invasora, se inicia el proceso de recuperación que, en un periodo de 4 años, ha regenerado la vegetación propia de los sistemas dunares con una composición florística equivalente a la que coloniza las zonas no afectadas por la invasión.

Estos resultados ofrecen perspectivas positivas de cara a la completa eliminación de esta especie de las dunas litorales mediante la ejecución de actuaciones bien planificadas y con una coordinación institucional que cuenten con el soporte adecuado y sensibilización social.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, J.; E. Manzano-Piedras; I. Bartomeus; E.D. Dana & M. Vilà (20140) Vegetation response after removal of the invasive *Carpobrotus* hybrid complex in Andalucía, Spain. *Ecological Restoration*, 28: 440-448.
- Bourgeois, K.; C.M. Suehs; E. Vidal & F. Médail (2005) Invasional meltdown potential: Facilitation between introduced plants and mammals on French Mediterranean islands. *Ecoscience* 12(2): 248-256.
- Costa, M. & J. Mansanet (1981) Los ecosistema dunares levantinos: la Dehesa de la Albufera de Valencia. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 37 (2): 277-299.
- Cots, R.; P. Fraga; J. Juaneda & I. Estaún (2003) La cartografía como una herramienta de gestión en el control y eliminación de una planta exótica invasora en un territorio insular. En: L. Capdevila-Argüelles; B. Zilleti & N. Pérez-Hidalgo (Coords.) *Contribuciones al conocimiento de las Especies Exóticas Invasoras*. G.E.I. Serie Técnica, 1: 170-173.
- D'Antonio, C.M. (1990) Seed production and dispersal in the non-native invasive succulent *Carpobrotus edulis* (Aizoaceae) in coastal strand communities of central California. *Journal of Applied Ecology*, 27: 693-702.
- De Cáceres, M.; X. Font; R. García & F. Oliva (2003) VEGANA, un paquetes de programas para la gestión y análisis de datos ecológicos. VII Congreso Nacional para la gestión y análisis de datos ecológicos, 1484-1497 (<http://biodiver.bio.ub.es/veganaweb/bvegan/AEET2003def.pdf>).
- Fraga, P.; I. Estaún; J. Olives; G. Da Cunha; A. Alarcón; R. Cots; J. Juaneda & X. Riudavets (2006) Eradication of *Carpobrotus* (L.) N.E. Br. in Minorca. In: S. Brunel (Ed.) *Invasive plants in Mediterranean Type Regions of the World*. Council of Europe publishing. Strasbourg: 289-297 ([http://lifeflora.cime.es/WebEditor/Pagines/Article2\(1\).pdf](http://lifeflora.cime.es/WebEditor/Pagines/Article2(1).pdf)).
- Garzón, O.; J.M. Ramos; P. Camacho; M. Morales; J.C. Ruz; F. Blasco; F. Pugnaire (2012) Estudio ecológico de uña de gato *Carpobrotus edulis*. Relaciones de competencia con otras especies. *Almoraima*, 43: 25-45.
- GEIB (2006) *TOP 20: Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España*. GEIB, Serie Técnica, 22. 116 pp.
- Hueso, M.C. (2002) Evolución del Glifosato en suelo y plantas en la Devesa de l'Albufera de Valencia tras su aplicación para el control de *Carpobrotus edulis*. Oficina Técnica Devesa-Albufera (<http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/carpobrotus.pdf>)
- Luego López, V. (2011) Eliminación de vegetación invasora y limpieza del Dominio Público Marítimo-Terrestre. Informe Técnico. Demarcación de Costas de Castellón. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Inéd.
- Novoa, A.; L. González; L. Moravcova & P. Pysek (2012) Effects of soil characteristics, allelopathy and frugivory on establishment of the invasive plant *Carpobrotus edulis* and a co-occurring native, *Malcolmia littorea*. *PLOS One*, 7: 1-11.
- Sanz Elorza, M.; E.D. Dana & E. Sobrino (2004) Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Vilà, M.; S. Bacher; P. Hulme; M. Kenis; M. Kobelt; W. Nentwig; D. Sol & W. Solarz (2006a) Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas*, 2006/2 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=425&Id_Categoria=2&tipo=portada).
- Vilà, M.; M. Tessier; C.M. Suehs; G. Brundu; L. Carta; A. Galanidis; P. Lambdon; M. Manca; F. Médail; E. Moragues; A. Traveset; A.Y. Troumbis & P.E. Hulme (2006b) Local and regional assessments of the impacts of plant invaders on vegetation structure and soil properties of Mediterranean islands. *Journal of Biogeography*, 33 (5): 853-861.