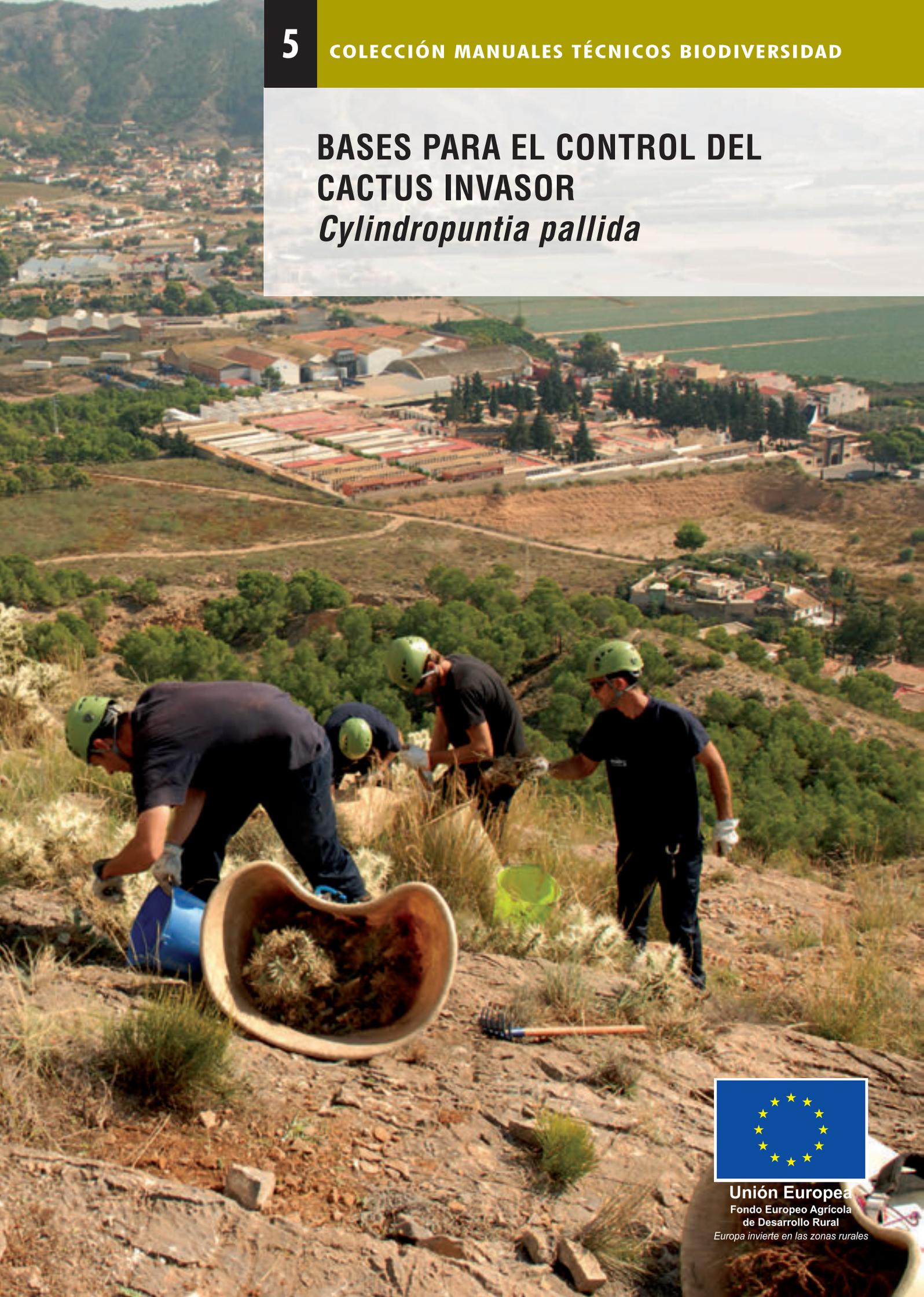


BASES PARA EL CONTROL DEL CACTUS INVASOR

Cylindropuntia pallida



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

BASES PARA EL CONTROL DEL CACTUS INVASOR *Cylindropuntia pallida*

Vicente Deltoro Torró
Miguel Ángel Gómez-Serrano
Emilio Laguna Lumbreras
Ana Novoa Pérez

2014 Valencia



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales



Unión Europea

Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

Europa invierte en las zonas rurales

Los resultados presentados en este manual corresponden a los obtenidos durante la realización de dos actuaciones: "Eliminación de *Cylindropuntia pallida* de la Sierra de Orihuela" y "Obras de conservación de la Biodiversidad 2011-2013". Ambas actuaciones han sido financiadas por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) en el marco de la medida 227 "Conservación y desarrollo de la red Natura-2000 en medio forestal" gestionada por la Dirección General de Medio Natural de la Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient.

BASES PARA EL CONTROL DEL CACTUS INVASOR *Cylindropuntia pallida*

2014

AUTORES

Vicente Deltoro Torró¹

Miguel Ángel Gómez-Serrano¹

Emilio Laguna Lumbreras²

Ana Novoa Pérez³

Y la colaboración de:

Juan García-de-Lomas⁴, Elías D. Dana⁴, Guillermo Ceballos⁵ y Steve Csurhes⁶.

Han participado en la obtención de los resultados que se presentan en este manual:

Gabriel Ballester Pascual², Patricia Pérez Rovira¹, Joan Pérez Botella¹, Josep-Enric Oltra Benavent¹, César Lacarta², Luciano Esparcia¹, Gonzalo Escudero¹ y agentes medioambientales de la Generalitat Valenciana.

Los autores agradecen la colaboración del Dr. Simón Fos Martín¹ por sus correcciones e indicaciones durante la elaboración de este manual y la de Daniel Guillot por la información aportada sobre identidad taxonómica y distribución de especies del género *Cylindropuntia* en territorio valenciano.

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Javier Blasco Giménez

Carles Gago Alabau

CÓMO CITAR ESTE LIBRO

Se **autoriza** y **agradece** la difusión de este documento técnico que, a efectos bibliográficos, debe citarse como:

Deltoro Torró, V., Gómez-Serrano, M.A., Laguna Lumbreras, E. & Novoa Pérez, A. 2014. *Bases para el control del cactus invasor Cylindropuntia pallida*. Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad, 5. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia.

¹ VAERSA. Generalitat Valenciana.

² Servicio de Vida Silvestre. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana.

³ Centre for Invasion Biology. Department of Botany and Zoology. Stellenbosch University. South Africa.

⁴ Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

⁵ Dirección de Gestión del Medio Natural, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andalucía.

⁶ Biosecurity Queensland, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland Government. Australia.

EDITA

Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana.

ISBN: 978-84-482-5983-9

Depósito legal: V-2894-2014

© DEL TEXTO

Los autores.

© DE LA EDICIÓN

Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana.

ÍNDICE

| | |
|----|--|
| 7 | 1. INTRODUCCIÓN |
| 11 | 2. OBJETIVOS |
| 13 | 3. CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO Y DE LA ESPECIE |
| 13 | 3.1. Terminología |
| 14 | 3.2. División de las Opuntieas |
| 25 | 4. BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE <i>C. pallida</i> |
| 25 | 4.1. Biología |
| 29 | 4.2. Ecología |
| 33 | 5. VÍAS DE ENTRADA, VECTORES DE DISPERSIÓN Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN |
| 33 | 5.1. Vías de entrada |
| 34 | 5.2. Vectores de dispersión |
| 35 | 5.3. Patrones de dispersión y distribución en el territorio |
| 39 | 6. ANÁLISIS DEL RIESGO DE INVASIÓN DE <i>C. pallida</i> |
| 45 | 7. GESTIÓN DE LAS INVASIONES DE <i>C. pallida</i> |
| 46 | 7.1. Trabajos previos |
| 47 | 7.2. Definición de objetivos y de la estrategia |
| 49 | 7.3. Implementación de la estrategia |
| 50 | Cuadro 1. La invasión por <i>C. pallida</i> en la Comunitat Valenciana |
| 55 | 8. MÉTODOS DE CONTROL DE <i>C. pallida</i> |
| 55 | 8.1. Prevención de la dispersión de la especie durante la realización de los trabajos |
| 55 | 8.2. Seguridad de los trabajadores: equipos de protección individual (EPI) |
| 57 | 8.3. Protocolo para la eliminación manual |
| 58 | 8.4. Protocolo para la eliminación mecánica |
| 58 | 8.5. Protocolo para la eliminación mediante el empleo de herbicidas |
| 59 | Cuadro 2. Marco legal para el empleo de herbicidas |
| 62 | 8.6. Métodos de control biológico |
| 63 | 8.7. Duración de las actuaciones de eliminación |
| 64 | 8.8. Gestión de los restos vegetales de <i>C. pallida</i> |
| 65 | 8.9. Análisis de costes |
| 67 | 9. ANEXOS |
| 67 | 9.1. La invasión por <i>C. rosea</i> en Australia |
| 70 | 9.2. La invasión por <i>Cylindropuntia</i> sp. en Sudáfrica |
| 73 | 10. CONCLUSIONES |
| 75 | 11. REFERENCIAS |



PRÓLOGO

Sra. Dña. Salomé Pradas Ten

Directora General de Medio Natural

Las invasiones biológicas protagonizadas por cactus son un problema ambiental grave en territorios secos y cálidos del planeta. Esto se debe a que las plantas de esta familia han sido introducidas ampliamente con fines ornamentales o agronómicos en regiones del mundo con escasez de precipitaciones, debido a que sus requerimientos hídricos son muy bajos. Por estas razones, algunas de las invasiones biológicas de consecuencias más negativas que se conocen, han sido protagonizadas por cactus, como por ejemplo la invasión de *Opuntia stricta* en Australia a principios del siglo XX.

La Comunitat Valenciana no es ajena a esta tendencia. Así, entre las invasiones por plantas terrestres más consolidadas y con impactos más negativos en nuestro territorio se puede mencionar la protagonizada por la chumbera (*Opuntia ficus-indica*), introducida hace siglos. En otros casos, la introducción reciente de cactus muy invasores, como el cardenche (*Cylindropuntia pallida*), han provocado una invasión muy rápida en el territorio valenciano, en cuestión de pocas décadas. Si se tiene en cuenta la peligrosidad de esta especie para el hombre y su potencial para limitar los usos del territorio, este proceso debe ser considerado como grave y su gestión debe abordarse sin dilación. Especialmente, si se considera que trata de una invasión todavía incipiente y con un gran potencial de expansión.

Ante esta situación, la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Medio Natural, viene desarrollando durante los últimos años un programa de control de esta especie invasora con la finalidad de contener su expansión en el territorio valenciano. En la consecución de este objetivo, el concurso de la red de detección temprana, integrada por los agentes medioambientales de la Generalitat Valenciana, ha sido decisivo, ya que ha permitido la localización de más de un centenar de núcleos poblacionales de cardenche dispersos. Estos núcleos han sido eliminados en todo caso por las Brigadas de Biodiversidad, cuyo papel también merece ser puesto de relieve.

El presente manual técnico sintetiza el resultado de la experiencia obtenida en el control de esta especie en territorio valenciano, y propone un enfoque estratégico para la gestión de las invasiones protagonizadas por esta y otras especies de cactus invasores, aportando además nociones sobre la biología y la ecología del cardenche, sus vías de entrada y patrones de dispersión esperables en el territorio, así como una detallada descripción de los métodos de control aplicables para su eliminación.





Opuntia sp. Pirámides de Teotihuacán. Estado de México.

INTRODUCCIÓN

Los cactus (Familia *Cactaceae*) han despertado la atención de botánicos y entusiastas del mundo vegetal durante siglos (Rowley, 1997). Su área nativa comprende el continente americano, desde el Sur de la Patagonia Argentina hasta Alberta y la Columbia Británica en Canadá (Edwards *et al.* 2005) (figura 1). Sin embargo, debido a su atractivo, estas especies fueron introducidas en Europa desde el primer viaje de vuelta del Nuevo Mundo (Howard & Touw, 1981), de modo que pronto formaron parte de colecciones botánicas europeas.

En la actualidad, muchos cactus se cultivan con fines ornamentales y para otros usos que incluyen la producción de frutos, el forraje para ganado, su empleo como verduras, la producción de colchicina o de cochinillas del género *Dactylopius* (Anderson, 2001). Por otro lado, debido al calentamiento global, la destrucción de hábitats y la necesidad de fuentes de alimento alternativas en países en vías de desarrollo, la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha promovido su cultivo aprovechando su tolerancia a la sequía (Nefzaoui, 2007).



Figura 1. Área nativa de las especies de las *Cactaceae*. La intensidad del color gris es proporcional al número de especies nativas en cada país sombreado. Fuente: Novoa *et al.* *in prep.*

Fruto de esta amplia utilización y de la habilidad de muchas de sus especies para reproducirse asexualmente, un gran número se han establecido fuera de su área de distribución nativa. Algunas, se comportan como invasoras (figura 2), transformando hábitats y provocando una variedad de impactos negativos, tanto ecológicos como económicos, entre los que se pueden citar:

- competencia por recursos y hábitat con flora y vegetación nativa,
- reducción de los pastos,
- daños a animales salvajes y domésticos,

- devaluación de la tierra,
- alteración de los paisajes.

En relación con lo anterior, el número de cactus que muestran comportamiento invasor en el mundo supone el 3,57% del total —65 de 1.820— de las *Cactaceae* (de Wit & Van den Bergh, 1965). Estas especies quedan incluidas en 14 de los 169 géneros de la familia, siendo *Cylindropuntia* el que contiene la mayor proporción seguido por *Opuntia*. De hecho, ambos géneros acumulan la mayor parte de las especies invasoras de la familia (figura 3).

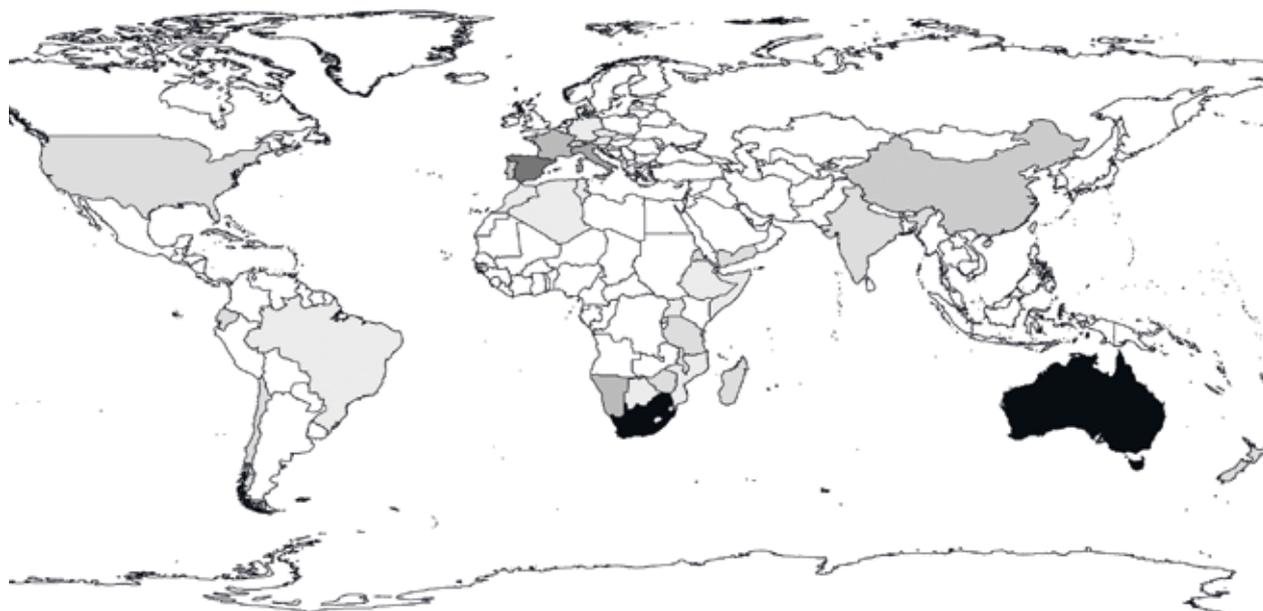


Figura 2. Países del mundo en los que crecen cactus con comportamiento invasor y, entre paréntesis, número de especies que exhiben ese comportamiento: Australia (24 especies), Botsuana (1), Chile (1), Croacia (1), España (3), Estados Unidos (3), Francia (3), India (1), Italia (4), Malawi (4), Mozambique (1), Namibia (3), Islas Pacíficas (13), Portugal (1), Sudáfrica (17), Suiza (1), Swaziland (4) y Zimbawe (4). A mayor intensidad del color negro, mayor número de especies invasoras presentes en el país. Fuente: Novoa *et al. in prep.*

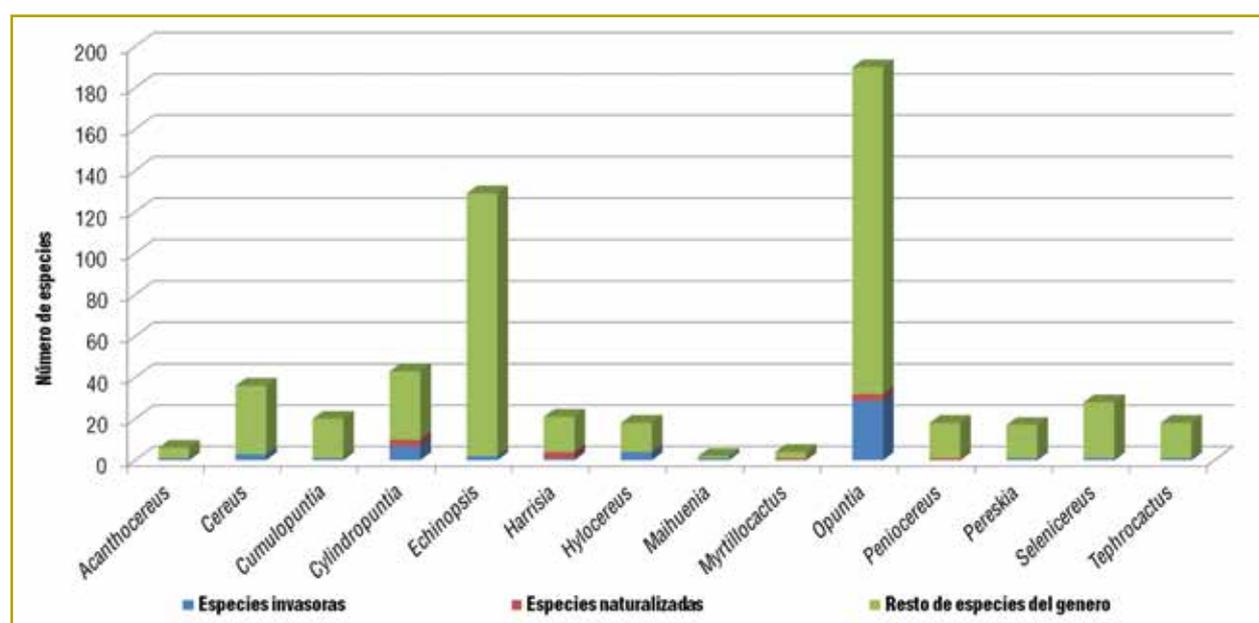


Figura 3. Número de especies de cactus invasores y naturalizados por género. El color azul muestra el número de especies consideradas como invasoras fuera de su área nativa. El color rojo muestra el número de especies consideradas naturalizadas en algún lugar del mundo. En verde se muestra el resto de especies del género, no consideradas como problemáticas actualmente.

Las especies del género *Cylindropuntia* poseen tallos formados por segmentos cilíndricos (artejos) recubiertos con espinas en grado variable, que se desprenden al ser sometidos a tensiones más o menos leves. Crecen de manera natural en Norteamérica, América Central y en las islas del Caribe, pero muchas se han naturalizado en países con climas secos y semiáridos. Algunas se comportan como plantas altamente invasoras en países como España, Sudáfrica o Australia: *C. fulgida*, *C. imbricata*, *C. leptocaulis*, *C. tunicata* o *C. pallida* (Sanz-Elorza *et al.* 2004; Henderson, 2012; Johnson *et al.* 2009).

En general, se puede afirmar que el control de las invasiones por especies del género *Cylindropuntia* es complejo y costoso en términos económicos debido a:

- el peligro que suponen para el hombre en virtud de sus espinas, lo cual dificulta los trabajos de control,
- su predisposición a fragmentarse y dispersar artejos

o frutos con capacidad para producir nuevas plantas por vía vegetativa,

- la formación de bancos de propágulos vegetativos longevos, con función equivalente a un banco de semillas, capaces de regenerar la población,
- la naturaleza críptica de las plantas pequeñas, que les permite integrarse en el paisaje y formar grandes poblaciones mientras pasan desapercibidas.

C. pallida, originaria de México central, es el paradigma de las habilidades enumeradas anteriormente. De hecho, este cactus arbustivo podría ser considerado una de las plantas más invasoras de zonas secas y cálidas del mundo. Los indicios acumulados sugieren que en regiones de España, como la Comunitat Valenciana, Sudáfrica o Australia ha sido capaz de dispersarse y formar grandes poblaciones en cuestión de décadas y, todo ello, a partir de un uso ornamental esporádico (Walters *et al.* 2011), lo que supone una presión de propágulos inicial muy baja.

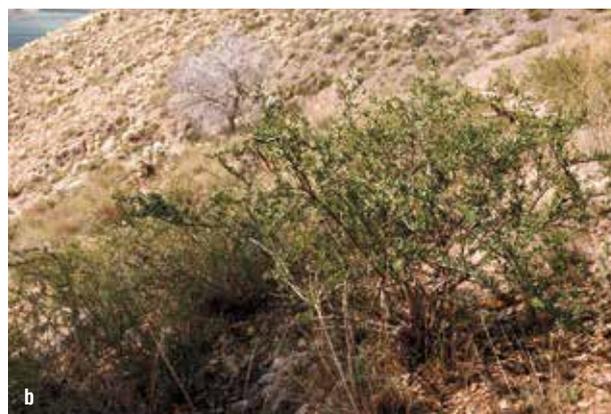


Figura 4. (a) *C. pallida* ocupa el hábitat de plantas raras en la Comunitat Valenciana, como *Sideritis glauca* una especie de interés comunitario, incluida en los anexos II y IV de la Directiva Habitats o (b) *Periploca angustifolia*. Por otra parte, (c) las poblaciones densas de la especie pueden llegar a condicionar los usos del territorio, debido al peligro que supone para el hombre. Todas las imágenes corresponden a la Sierra de Orihuela (Alicante). Imágenes: Vicente Deltoro.

Los graves impactos negativos que provoca la invasión de un territorio por *C. pallida* han promovido su inclusión en normas nacionales que regulan el medio ambiente y la agricultura como especies invasoras en España, Sudáfrica, o Australia. En los dos últimos países se han puesto en marcha estrategias para su control, que incluyen una búsqueda activa de agentes de control biológico que puedan frenar su expansión (Zimmerman *et al.* 2009)

A pesar de lo descrito anteriormente, hay una falta de conciencia sobre el carácter invasor de las especies del género *Cylindropuntia*, como pone de manifiesto el hecho de que no son recogidas por los principales compendios de flora invasora del mundo (Lowe *et al.* 2000). Tampoco existe información sobre experiencias de gestión que ofrezcan una guía práctica para frenar su avance a gestores en cuyos territorios crecen estas especies. En este sentido, las invasiones por Opuntioideas se han llegado a describir como “un cáncer que se extiende por el territorio”, en alusión a la falta de conciencia sobre el riesgo que suponen estas invasiones (Australian Weed Committee, 2012).

La estrategia puesta en marcha por el Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana para el control de *C. pallida* contiene aspectos que pueden ser de utilidad para gestionar las poblaciones de ésta y otras cactáceas invasoras que crecen en nuestro país (figura 5). Por una parte, se han llevado a cabo experiencias que han permitido conocer mejor qué rasgos de su biología sustentan su carácter altamente invasor. Por otra, el extenso trabajo de

campo realizado ha revelado sus vías de entrada, qué vectores la dispersan y sus patrones de distribución, lo que permite comprender mejor el proceso de ocupación del territorio. Por último, se han depurado los protocolos para su eliminación mediante el empleo de diferentes métodos y se ha evaluado su coste, eficacia y las precauciones que deben observarse con vistas a incrementar su efectividad. Los conocimientos adquiridos se han sintetizado en este manual, que también incluye información sobre las invasiones protagonizadas por esta especie o por especies próximas desde el punto de vista taxonómico en Sudáfrica y Australia, con la finalidad de ponerlos al alcance de gestores de otros territorios interesados en el control de las cactáceas del género *Cylindropuntia*.



Figura 5. Distribución de las poblaciones conocidas de *C. pallida* en España.

2



Cylindropuntia rosea. Grawin (NSW-Australia).
Mike Chuk-Desert Channels, Queensland.

OBJETIVOS

El objetivo de este manual es ofrecer a gestores de territorios en los que se presenta *C. pallida* o alguna otra especie de este género con comportamiento invasor, una base de conocimientos prácticos para poner en marcha actuaciones para la gestión de sus poblaciones. Con esa finalidad, el manual se ha estructurado en las secciones que se describen a continuación:

1. La primera sección revisa la compleja taxonomía del género *Cylindropuntia*, fruto de su tendencia a la hibridación, con énfasis en las especies que se han naturalizado en distintas regiones de España.
2. La segunda sección examina los rasgos de la biología y la ecología de la especie que pueden ser útiles para comprender su comportamiento invasor y adoptar medidas eficaces para gestionar sus poblaciones. Aspectos como la tendencia al desprendimiento de los artejos y su elevada capacidad de enraizamiento, la morfología de sus espinas y la versatilidad ambiental de *C. pallida* son analizados a partir de la información obtenida en experiencias propias y de otros investigadores.
3. La tercera sección analiza cuáles son las vías de entrada de *C. pallida*, los vectores que la dispersan y los patrones de distribución que se observan en la Comunitat Valenciana. De este modo, se pretende ilustrar cómo esta especie invade un territorio y cómo puede ser empleada esta información para planificar la gestión de sus poblaciones.
4. La cuarta sección evalúa de manera objetiva, mediante un análisis de riesgo, la posibilidad de que *C. pallida* se comporte como especie invasora en España.
5. La quinta sección propone, a partir de la experiencia obtenida en la Comunitat Valenciana, un marco para el diseño e implementación de un programa para el control de *C. pallida*, estructurado según la obtención de una información de partida, la generación de capacidades, la definición de un objetivo y la elaboración de una estrategia para alcanzarlo.
6. La sexta sección revisa los métodos que permiten la eliminación de *C. pallida*, que incluyen los manuales, los mecánicos o el empleo de ciertos herbicidas. La aplicación de cualquiera de ellos requiere observar una serie de precauciones que son descritas con detalle —en lo referente a la seguridad del personal y en el modo de ejecutar los trabajos— lo cual permitirá incrementar su eficacia y evitar una propagación inadvertida de la especie. Además, se proporciona un análisis del coste y rendimiento de los diferentes métodos propuestos.
7. Por último, dos anexos analizan los principales aspectos relacionados con la invasión por *C. pallida* —o especies próximas taxonómicamente— en Australia y Sudáfrica, con la intención de poner de relieve las similitudes y las diferencias en los procesos de invasión protagonizados por estas especies en diferentes partes del mundo.



3

CARACTERIZACIÓN DEL GÉNERO Y DE LA ESPECIE

Austrocylindropuntia cylindrica

En el siguiente apartado se hace una aproximación progresiva a la correcta identificación de *Cylindropuntia pallida* y otras plantas morfológicamente cercanas, precedida de una explicación de los términos botánicos que se utilizan de modo específico para designar las partes de las plantas en la familia de las cactáceas, por cuanto difieren de los usados habitualmente en otros grupos vegetales.

3.1. Terminología

Cylindropuntia se incluye en un grupo de cactus que inicialmente fueron descritos o incluidos como parte del género *Opuntia*, del que las especies de tallos planos son tradicionalmente conocidas como “chumberas”, mientras las de tallo cilíndrico suelen recibir nombres como “cholla” o “cardenche”. Algunos autores las incluyen en las denominadas *Opuntieae* —Opuntieas en castellano— en sentido amplio, aunque hay clasificaciones más estrictas que distribuyen en diferentes tribus —agrupaciones de géneros muy próximos— lo que los botánicos de décadas precedentes habían incluido bajo aquella denominación. Se trata de uno de los pocos grupos de cactáceas donde los tallos no están recorridos por costillas longitudinales, y que además se caracteriza a menudo por ser éstos articulados; todas las especies son de origen americano, y poseen representantes en casi todo el gradiente climático de aquel continente, con excepción de las zonas templadas más húmedas y frías y los territorios de clima polar.

La identificación de las especies exige el uso de una terminología particular, que se indica a continuación. Es importante tener en cuenta que la mayoría de especies de este grupo son en realidad árboles o arbustos, plantas perennes con troncos —en ocasiones rastreros y a veces casi ausentes— ramificados, cuyas ramas jóvenes son carnosas, de sección cilíndrica. De ellas surgen las ramas secundarias a modo de segmentos, habitualmente denominados cladodios, artículos o artejos, o comúnmente “palas” cuando son planas. Estos segmentos están recorridos por entrenudos definidos mediante espacios concretos, físicamente delimitados en forma de placas o tubérculos, muchas veces dispuestos en espiral o formando filas inclinadas bien definidas. Cada artejo o pala contiene a menudo numerosas placas, a cada una de las cuales corresponde una aréola o areola, que es lo que en la mayoría de plantas leñosas correspondería al punto de inserción de las yemas o brotes de las hojas. Las aréolas son usualmente circulares o elípticas, y en muchas especies dan lugar a hojas cilíndricas o laminares prontamente caducas. El lugar de las hojas tiende a estar ocupado por una o más espinas rígidas de longitud variable, de sección esférica o algo aplanada, aunque en algunos casos son laminares y de consistencia papirácea o membranosa. Además, cada aréola está normalmente rodeada de un círculo —a veces incompleto— de pelos rígidos muy punzantes, pequeñas espinas denominadas gloquidios —igualmente citadas como gloquidias, glóquidas, gloquidas o glóquidos—. Las conocidas popularmente como “espinas” de

estas especies corresponden por tanto a las genuinas espinas que nacen del centro de la aréola, como a los pequeños y abundantes gloquidios que la rodean.

En lo referente a la flor, también posee una estructura peculiar diferente a la de la mayoría de plantas superiores, ya que carece de lo que habitualmente se conoce como pétalos y sépalos está sustituido por uno o más alineamientos de tépalos a menudo vivamente coloreados, dispuestos en el extremo de un artejo —usualmente cilíndrico, subesférico, aovado o con forma de barril— que en su interior albergará los carpelos, destinados a contener más tarde las semillas. Los tépalos aparentes en la mayoría de géneros son los internos, mientras los externos se reducen a menudo a una corona de escamas, o son mucho menores que los internos. Los estambres, muy abundantes, suelen disponerse igualmente en uno o más círculos, y en ellos los colores de las anteras y sus filamentos son a menudo un buen elemento de diagnóstico entre especies.

Aparte de estos caracteres, en las descripciones que se indican más adelante se hace referencia al número cromosómico (n). La dotación básica de este grupo de cactus tras la meiosis celular es de 11 cromosomas (x=11) por lo que las plantas en la mayoría de especies tienden a poseer la dotación normal esperable, con dos juegos de cromosomas en sus células: $2n=2x=22$. En este grupo de plantas se dan fenómenos de poliploidía —multiplicación del número de cromosomas—, por lo que algunas especies son total o mayoritariamente tetraploides ($2n=4x=44$ cromosomas). Existen casos aún más complejos, e incluso especies con dotación triploide ($2n=3x=33$), que al no tener un número par de cromosomas son forzosamente estériles.

Clave 1. División de las Opuntieas.

- | | |
|--|---|
| 1. Segmentos verdes —aún no lignificados— del tallo de dos tipos: cilíndricos, que hacen la función de ramas principales, y terminales planos (palas), muy delgadas y a menudo caducos de un año al siguiente..... | <i>Brasiliopuntia</i> (<i>B. brasiliensis</i>) |
| — Segmentos verdes todos similares entre ellos, muy crasos | 2 |
| 2. Tallos principales verdes y cladodios aplanados (“palas”) | <i>Opuntia</i> (numerosas especies) |
| — Tallos principales verdes y cladodios cilíndricos | 3 |
| 3. Espinas principales laminares y membranáceas, no punzantes, con tacto membranoso o de papel..... | <i>Tephrocactus</i> |
| — Planta con o sin espinas, pero no transformadas en brácteas planas de textura papirácea | 4 |
| 4. Espinas principales cubiertas por una funda externa transparente | <i>Cylindropuntia</i> |
| — Espinas desnudas, sin funda externa | <i>Austrocylindropuntia</i> |

3.2. División de las Opuntieas

La taxonomía de este grupo de cactáceas es bastante compleja y se han propuesto numerosos géneros, pero los principales especialistas españoles reconocen hasta 5 de ellos con incidencia en el territorio debido a su asilvestramiento. Se indica a continuación la clave de los géneros (Clave 1), de los que luego se describen exclusivamente las especies para 3 de ellos, los correspondientes a plantas de tallos y cladodios cilíndricos. Para el resto de géneros (*Opuntia* y *Brasiliopuntia*), que poseen cerca de 30 especies asilvestradas en el territorio valenciano, se aconseja la consulta del tratamiento de este género en la obra *Flora Valentina*.

De los 3 géneros de artejos cilíndricos, sólo 2 poseen especies invasoras con amplio impacto en nuestro territorio: *Austrocylindropuntia*, de especies sudamericanas, y *Cylindropuntia*, con áreas originales básicamente concentradas en Norte y Centroamérica.

- **GÉNERO *TEPHROCACTUS* Lem.**

Pequeños cactus arbustivos, a menudo ramificados en su extremo superior. Tallos con segmentos cilíndricos cortos —hasta 10 centímetros— con tubérculos prominentes. Aréolas poco visibles, sobre todo en la parte inferior del tallo. Las espinas principales están sustituidas por hojuelas alargadas con consistencia pajiza o de papel, a menudo arrugadas y onduladas. Flores en el extremo superior de los tallos, dando lugar a frutos sin pulpa. En su área original son especies de desiertos continentales o de gran altitud, resistiendo bien las heladas. La única especie citada en España, presente con escasos ejemplares asilvestrados

em la zona valenciana, es *Tephrocactus articulatus* (Pfeiff.) Backeb., a menudo indicado por su sinónimo *Opuntia diademata* Lem. Es originaria de Argentina. Además de la forma típica con espinas transformadas en láminas papiáceas, puede encontrarse asilvestrada la cultivariedad “inermis”, con tallos casi lisos, y con flores blancas a rosadas hasta de 4-4,5 cm de diámetro.

• **GÉNERO AUSTROCYLINDROPUNTIA** Backeb.

Cactus arbustivos, arbóreos o arborescentes, a veces con marcada forma de candelabro. Las espinas principales de las aréolas no están cubiertas por una funda exterior. Se han detectado 2 especies detectadas en la zona valenciana, ambas de artejos relativamente gruesos (4-5 cm o más). El género es de origen sudamericano.

1. Aréolas con (1-2) 3-4 espinas largas (hasta 6-8 cm), erectas y muy rígidas. Planta arbustivo-arborescente (hasta 3-4 m) muy ramificada desde la base. Placas rómbicas, usualmente más alargadas en sentido vertical **A. subulata**

— Aréolas con 2-6 (8) espinas cortas (1-3 cm), a veces menores e incluso ausentes. Planta generalmente menor (hasta 1-2 m) y de ramas dispuestas de modo más laxo. Placas a menudo más achatadas, más alargadas en sentido horizontal **A. cylindrica**

Austrocylindropuntia cylindrica (Lam.) Backeb.
[= *Opuntia cylindrica* (Lam.) DC.; *Cylindropuntia cylindrica* (Lam.) F.M. Knuth.] (figura 7).

Al contrario de la especie más abajo indicada, esta es una planta localizada sólo de modo ocasional y a menudo a través de ejemplares aislados, o grupos muy reducidos. Es difícil encontrarlas en flor —de color rojizo—, siéndolo más aún la presencia de plantas fructificadas, incluso en ejemplares cultivados. Puede presentar hojuelas carnosas en el extremo de los artejos terminales, pero éstas son muy prontamente caedizas.

Austrocylindropuntia subulata (Muehlenpf.) Backeb.
[= *Opuntia subulata* (Muehlenpf.) Engelm.; *Cylindropuntia subulata* (Muehlenpf.) F.M. Knuth.] (figura 8).

Especie bastante abundante, frecuente en las tres provincias valencianas, sobre todo en áreas litorales e inmediaciones de zonas residenciales. Es una planta invasora que se expande con facilidad formando rodales densos, pero que a menudo se ha excluido de labores de control por ser su aspecto menos agresivo que el de otras especies,

al quedar los tallos poco oscurecidos por las espinas. Produce abundantes flores de tépalos rosados con matices rojizos o algo anaranjados. Las formas asilvestradas suelen ser fértiles y sus frutos tienen gran cantidad de semillas de cubierta muy gruesa, lo que probablemente dificulta en extremo su germinación. Es frecuente que los artejos terminales posean pequeñas hojas cilíndricas carnosas, que tardan algún tiempo en desprenderse.

• **GÉNERO CYLINDROPUNTIA** (Engelm.) F.M. Knuth.

Cactus de arbustivos a arbóreos, usualmente muy espinosos. En la mayoría de casos, o bien se trata de matas densas de porte subsférico, cilíndrico o compacto, o bien son especies de talla elevada que desarrollan un único tronco, desnudo en su parte inferior. A diferencia de *Austrocylindropuntia*, sus espinas están recubiertas por una vaina, a modo de funda que la cubre en su totalidad. Se distribuyen desde el centro de Norteamérica hasta Centroamérica

Morfología del género *Cylindropuntia*

1. Flores.
2. Hojas carnosas efímeras.
3. Areólas.
4. Tubérculos.
5. Segmentos.



Clave 2. Género *Cylindropuntia*.

1. Artejos terminales alternos y estrechos, de diámetro inferior a 1,5(2) cm, con pocas espinas largas por cada aréola (0-2, excepcionalmente hasta 4-6) 2
 — Artejos terminales en grupos (nacen varios de un mismo punto en el extremo de un artejo basal), gruesos, generalmente de 2 a 5,5 cm de diámetro; 6-30 e incluso más espinas largas por aréola 4
2. Tallos no tuberculados —los tubérculos aparecen sólo en forma de costillas en los tallos secos— con 0-2 espinas largas por aréola y frutos lisos. Flores amarillas a amarillo-verdosas. Frutos maduros de 9-15 mm de color amarillo a escarlata. Extremos de los tallos con numerosas ramas laterales ordenadas ***C. leptocaulis***
 — Tallos con abultamientos aparentes en forma de tubérculos, con 2-4 espinas largas por aréola y frutos igualmente tuberculados, de color verde pálido y extremo amarillento en la madurez, a veces tintados de rojo o magenta. Flores verdes o anaranjado-bronceadas. Extremos de los tallos sin, o con muy pocas ramas laterales 3
3. Flores de tépalos bronceado-grisáceos o entre rojo y magenta. A menudo algunos frutos poseen espinas cortas ***C. x tetracantha***
 — Flores de tépalos bronceado-rojizos o teñidos de magenta. Frutos sin espinas ***C. kleiniae***
4. Frutos arrosariados más o menos esféricos, formando largas cadenas ***C. fulgida***
 — Frutos aislados o formando cadenas muy cortas (2-3 frutos, naciendo cada uno de la corona o ápice del anterior) 5
5. Meristemo —parte verde— de los artejos visible a distancia sin dificultad 6
 — Parte verde de los artejos apenas visible a distancia, ocultada por la extrema abundancia de espinas, que dan a la planta un aspecto blanco-marfileño o amarillento a distancia 8
6. Artejos desproporcionadamente gruesos (usualmente 5-6 cm de diámetro), muy glaucos —de color verde-azulado claro muy marcado— ***C. cholla***
 — Artejos más gráciles y de menor diámetro (usualmente 3-5 cm), de color verde o verde-grisáceo —a veces glaucescente no intenso— 7
7. Plantas arbustivas de hasta 1,5(2) m, con aspecto de matas densas. Artejos relativamente gruesos (hasta 5 cm) ***C. prolifera***
 — Plantas con porte arborescente con hasta 2-5 m, usualmente con un tronco bien definido. Artejos algo más estrechos (hasta 4 cm) 8
8. Plantas adultas de hasta 2 m. Tubérculos de los tallos elípticos, de 0.5-1.5 cm, apretados. Frutos con 25-50 o más aréolas. Espinas de vainas usualmente blancas. Tubérculos más alargados en la parte distal del fruto ***C. spinosior***
 — Plantas adultas normalmente de 2-5 m. Tubérculos de los tallos más estrechamente elípticos y espaciados, de 2-5 cm. Frutos con 18-30 aréolas. Espinas con vainas grisáceas o plateadas. Tubérculos similares entre la parte terminal y basal del fruto, o más alargados hacia la base ***C. imbricata***
9. Plantas arborescentes con tronco bien definido no ramoso en la base, usualmente en torno a 1,5 m en estado adulto ***C. bigelovii***
 — Plantas arbustivas, de talla en torno a 0.5-1 m o algo superior 10
10. Plantas formando matas de en torno a 0,5-1,5 m, de porte denso muy ramificados desde la base —raramente con un tronco central dominante—, de flores rosadas; artejos verde-grisáceos; 4-9 espinas por aréola, con vainas blancas o marfileñas, en ocasiones algo más rosadas en el extremo superior; gloquidios de 2 a 5 mm .. ***C. pallida*** [= *C. pallida* auct., non (DC.) Backeb.]
 — Plantas usualmente bajas (0,5-1 m) de flores de netamente amarillas a amarillento-verdosas; artejos de color verde neto o algo pálido; 5-12 espinas por aréola, con tonos pardo-rosados en la mitad superior o la totalidad del artejo; gloquidios de 0,5 a 1,2 mm ***C. tunicata***

y el Caribe, diluyéndose progresivamente su presencia al entrar en el subcontinente sudamericano. En la Clave 2 se indican las diferentes especies localizadas en España, a las que se ha añadido por su peculiaridad y alto riesgo de expansión la especie *C. fulgida*, hasta ahora sólo indicada en España como planta cultivada.

Cylindropuntia fulgida (Engelm.) F.M. Knuth.

[= *Opuntia fulgida* Engelm.] (figura 9).

Cacto arborescente de 1-3 m de talla, con tronco bien definido; en ese aspecto puede recordar a *C. imbricata*, pero el tronco de *C. fulgida* es progresivamente ramificado, dando lugar a una copa con aspecto abierto. Artejos de hasta 16x3,5 cm con tubérculos prominentes y anchamente ovalados, verde grisáceos: los artejos terminales son fácilmente caedizos. Espinas amarillentas o algo rosadas, desde ausentes a 12 por aréola, siendo más largas (hasta 3,5 cm) las inferiores de cada grupo y menores (hasta 2,5 cm) las superiores. Vainas de las espinas de blancas a doradas, hinchadas por el centro. Gloquidios amarillentos, de 1,3 mm. Flores con tépalos de rosados a magenta, los internos usualmente reflejos. Anteras de tecas blancas o de color crema, con filamentos rosa pálido o magenta, estilos rosados y estigmas blancuzcos o amarillo pálido. Frutos subsféricos que forman largos rosarios colgantes, a veces ramificados progresivamente; los frutos basales —más cercanos a la rama— suelen ser mayores, de en torno a 4-5 cm de diámetro, siendo menores los terminales, usualmente de 2-3 cm. $2n=22$. Especie del SW de Estados Unidos y NW de México. Además de las formas habituales, se cultiva y asilvestra en algunos países la var. *mamillata* (Schott ex Engelm.) Backeb., poco espinescente y de tubérculos muy marcados, que suele tener un porte más bajo e irregular. Esta especie no parece haber sido citada en España ni en otras zonas de Europa, pero es importante reseñar su descripción porque en caso de aparecer puede ser tanto o más invasora que otras descritas del mismo género.

Cylindropuntia imbricata (Haw.) F.M. Knuth.

[= *Opuntia imbricata* (Haw.) DC.; *O. rosea* DC.; *C. rosea* (DC.) Backeb.] (figura 10).

Arbusto arborescente hasta de 2-3(5) m, de porte peculiar por poseer a menudo en los ejemplares adultos un tronco aislado y ramas alejadas del suelo y más o menos péndulas, que asemejan una copa muy laxa y a veces subhorizontal. Tronco gris hasta de 5 cm de diámetro, leñoso en la base. Tallos cilíndricos, con artejos hasta de 20 x 5 cm, de un verde ligeramente glauco a verde azulado, intensamente tuberculados; tubérculos altos (hasta 20 mm de profundidad), hasta de 50 x 8 mm, angulosos y con aréola-

las en su tramo superior. Espinas amarillentas o de color blanco sucio, en número de 4 a 7 por aréola (hasta 14 en los cladodios más viejos), espaciadas, dejando ver claramente el tallo. Flores de tépalos de color rosado intenso a púrpura, de hasta 3,5 cm. Anteras amarillas, con filamentos verdosos en la base a magenta en el extremo; estilos de color similar a los filamentos de las anteras y lóbulos de los estigmas de color verde o crema. Frutos de hasta 4 x 4,5 cm, de color amarillo claro en la madurez, a veces casi blanco, llamativamente diferenciados del resto de la planta. $2n=22$. Especie nativa del S de Estados Unidos y N y Centro de México. Existe una forma más compacta y de talla menor con espinas más plateadas, raramente cultivada aquí, descrita como var. *argentea* (M.S. Anthony) Backeb. o subsp. *argentea* (M.S. Anthony) U. Guzmán. Otras plantas morfológicamente cercanas se han indicado como variedades o subespecies de la aquí tratada, o bien como especies independientes, de distinción a menudo difícil, como *C. cardenche* (Griff.) F.M. Knuth o *C. lloidyi* (Rose) F.M. Knuth.

Aunque se ha generado una notable confusión con el nombre de las plantas, la inicialmente descrita como *Opuntia rosea* DC. corresponde realmente a la actual *C. imbricata*; por el contrario, lo que se ha divulgado en trabajos de control de plantas invasoras como *C. rosea* no es tal planta, sino *C. pallida*, o más raramente formas de *C. bigelovii* o *C. tunicata*.

C. imbricata es una especie infrecuente pero que llega a formar colonias densas allá donde aparece, formando “bosquetes” de cactus de aspecto peculiar y difícil control.

Cylindropuntia pallida (Rose) F.M. Knuth.

[= *Opuntia pallida* Rose; *O. rosea* auct., non DC.; *C. rosea* auct., non (DC.) Backeb.] (figura 11).

Arbusto que forma grandes pulvínulos hasta de 1,5 m, extremadamente espinoso, fuertemente ramificado, lignificado sólo en la base. Tallos con artejos hasta de 35 x 5 cm, que se desprenden con facilidad, de color verde-grisáceo y tubérculos aparentes. Espinas de color marfileño, a veces bordeadas de dientes retrorsos visibles casi a simple vista, aplanadas en la base, hasta de 4(5) cm de longitud, dispuestas en grupos de 4-9 sobre aréolas amarillas, rojizas o grisáceas, densamente dispuestas. Gloquidios de 2-5 mm. Flores de unos 5 cm de longitud y 4 cm de diámetro, con tépalos de color rosado (desde un rosa cárneo a púrpura) de hasta 5 cm de longitud. Frutos hasta de 3 cm de longitud, en grupos terminales. Anteras con filamentos purpúreos y tecas amarillas, estilo verde claro y estigmas blancuzcos. $2n=44$. Nativa de varios estados del Centro de

México, puede provenir de la antigua hibridación entre varias especies próximas y fenómenos de poliploidía —multiplicación del número de cromosomas—.

Se atribuyen a esta especie las plantas conocidas como “cardenches” y anteriormente atribuidas a *C. rosea* en todo el territorio valenciano, fuertemente agresivas e invasoras, aunque algunas poblaciones de flores más amarillentas podrían corresponder a híbridos entre esta especie y otras muy próximas como *C. tunicata*.

Cylindropuntia bigelovii (Engelm.) F.M. Knuth.
[= *Opuntia bigelovii* Engelm.] (figura 12).

Cacto arbustivo-arborescente de hasta 1,5 m, aunque los ejemplares cultivados pueden superar los 3 m de talla. Artejos de hasta 5,5 cm de longitud, siendo los distales menores, a veces diminutos y esféricos, que hacen la función de propágulos para facilitar la dispersión.

Tubérculos de los artejos anchamente ovales y salientes, con aréolas que portan 10-15 espinas de amarillo pálido a pardo-rosáceo, de hasta casi 3 cm; vainas de las espinas de color parecido, no hinchadas en el centro. Gloquidios de 3-4 mm. Tépalos de color verde-amarillento pálido a blancuzco, a veces algo teñidas de rosa en la base, de hasta 2,5 cm. Frutos de hasta 4 x 2 cm, fuertemente tuberculados y en general estériles. Anteras con filamento gris y tecas anaranjadas, estilo verde claro y lóbulos estigmáticos de color verde. $2n=33$ en la mayoría de poblaciones conocidas de la especie, lo que la convierte en una planta obligatoriamente estéril, que se propaga sólo por vía vegetativa. Nativa del S-SW de Estados Unidos hasta el Centro de México. De las poblaciones valencianas que se han atribuido a *C. rosea* es muy probable que al menos parte de las plantas que colonizan las laderas del castillo de Llíria y otras poblaciones cercanas correspondan realmente a *C. bigelovii*.

Cylindropuntia tunicata (Lehm.) F.M. Knut.
[= *Opuntia tunicata* (Lehm.) Pfeiff.] (figura 13).

Arbusto denso de aspecto pulvinular, usualmente muy bajo (en torno a 40-50 cm) que a veces da la impresión de estar hundido en el suelo. Forma matas subesféricas muy densas, con muchos tallos entrelazados y artejos de hasta 20 cm de longitud y 1,5-2,5 cm de grosor, usualmente menos gruesos que los de otras especies con las que se puede confundir. Parénquima de los artejos netamente verdoso, con tubérculos prominentes, con 5-12 espinas amarillentas largas (hasta 6 cm) por aréola; vainas de las espinas de amarillo a pardo-rojizo. Gloquidios de color

amarillo pálido, de 0,5-1,2 mm. Tépalos de unos 2 cm. Anteras con tecas y filamentos amarillentos, estilo verde a rojizo y lóbulos estigmáticos verdes o verde-amarillentos. Frutos de hasta 5 cm, en grupos pero a veces proliferantes —se forman nuevos frutos en los extremos de la corona de los basales— formando glomérulos o cadenas cortas. Plantas usualmente estériles. $2n=22$. Especie originaria del S de Estados Unidos y gran parte de México, también citada de algunas zonas de Sudamérica, aunque sin haberse clarificado si corresponden a antiguas introducciones o a verdaderas poblaciones nativas. Dadas las dificultades de distinción con especies próximas y sus posibles hibridaciones, no se ha conseguido aclarar si esta especie está realmente representada en el territorio valenciano, aunque cuanto se le ha atribuido no encaja bien con los caracteres típicos aquí descritos.

Cylindropuntia cholla (F.A.C. Weber) F.M. Knuth.
[= *Opuntia cholla* F.A.C. Weber.] (figura 14).

Especie arbustiva de en torno a 1(-1,5) m de talla, de tono fuertemente glauco, verde-azulado claro, que le da a veces un aspecto céreo. Destaca sobre todo por sus artejos, cortos y muy gruesos, de hasta 12 x 6 cm, con tubérculos obovados anchos. Las aréolas portan hasta 18-27 espinas, siendo parte de ellas mayores, de blancas a pardo-anaranjadas —más amarillentas hacia el ápice— de 2-4,5 cm. Las formas silvestres típicas parecen tener un número más reducido (5-16 espinas, con 3-7 principales y el resto secundarias o menores) aunque algunas de las variedades comercializadas que se asilvestran presentan menor cantidad e incluso carecen de ellas. Gloquidios oscuros de 1,5-4 mm. Flores de color rosa intenso a violeta oscuro, con tépalos alargados. Frutos cortos, a veces prácticamente esféricos. Presumiblemente $2n=22$. Especie originaria del NW de México, raramente cultivada en sus formas típicas. A veces se indican formas cultivadas con un número muy elevado de espinas que realmente pueden corresponder a otras especies del género, ya que todas las *Cylindropuntia* suelen recibir en el S de Estados Unidos y N de México el nombre popular “cholla”.

Cylindropuntia prolifera (Engelm.) F.M. Knuth.
[= *O. prolifera* Engelm.] (figura 15).

Especie con porte de mata densa y ampliamente ramificada, de hasta 1,5(2) m, sin presentar un tronco bien definido sin artejos hasta una altura apreciable del suelo. Artículos cilíndricos de color verde grisáceo, de hasta 15 x 5 cm con tubérculos prominentes anchos, de 1,5-2,5 cm; aréolas suborbiculares u obovadas de hasta 7 x 5 mm presentando a menudo acúmulos de pelos lanosos

pardo, de color negro con la edad; espinas 6-12 por aréola, a menudo deflexas en la cara inferior, de color rojizo o pardo, y hasta 2 cm de longitud; vainas de las espinas pardo-amarillentas, brillantes. Gloquidios de amarillas a pardas, de 0,5-2,5 mm. Flores de tépalos internos de color rosa a magenta, de hasta 2 cm. Anteras de color amarillo pálido con filamentos verde-amarillentos en la base y rosados en el extremo; las anteras presentan a veces apéndices parecidos en su forma a la del extremo de los estigmas; estilos de base verde-amarillenta con extremo rosados, y lóbulos estigmáticos blancos o amarillentos. Frutos maduros usualmente estériles, verdes, aislados o formando cadenas cortas, anchamente ovoideos, de hasta 3 x 2,5 cm, no espinosos, lisos o muy levemente tuberculados. $2n=22$ o 33. Especie propia de la península de Baja California (México). Se le atribuye un origen primitivo híbrido entre dos especies mexicanas, *C. alcahes* (F.A.C. Weber) F.M. Knuth y *C. cholla* (F.A.C. Weber) F.M. Knuth. En el territorio valenciano se ha localizado en las inmediaciones del casco urbano de Chulilla (Valencia), formando colonias densas donde actúa como especie codominante, junto a *Opuntia ficus-indica*.

Cylindropuntia spinosior (Engelm.) F.M. Knuth.
[= *O. whipplei* Engelm. & Bigelow var. *spinosior* Engelm.] (figura 16).

Especie con porte de mata densa y ampliamente ramificada, de hasta 1,5(2) m. Artículos cilíndricos de color verde intenso —incluso con tonos rojizos—, de hasta 23 x 3,5 cm ligeramente estrechados en la base con tubérculos prominentes, de elípticos a anchamente romboidales, de 3-4 mm de profundidad, presentando a veces acúmulos de pelos lanosos amarillentos a pardo-rojizos; espinas 6-18, de color blanquecino, y hasta 19 mm de longitud, desiguales, siendo a veces las inferiores, orientadas hacia la base; vainas de las espinas igualmente blancas, no hinchadas por el centro. Gloquidios de amarillos a pardos, de 1-2 mm. Flores de tépalos espatulados usualmente rosados a purpúreos —aunque se conocen ecotipos de flores amarillentas, verdosas o blancuzcas—, de hasta 3,5 cm de longitud. Anteras de color amarillo pálido con filamentos purpúreos, estilos de base blancuzca o rosada con extremo púrpura, y lóbulos estigmáticos blancos o de color crema. Frutos maduros amarillentos o teñidos de rosa, anchamente cilíndricos, de hasta 5 x 3 cm, no espinosos, fuertemente tuberculados. $2n=22$. Especie distribuida desde Arizona a los desiertos del N de México. Es una planta bastante variable a la que se han adscrito formas consideradas por algunos autores como especies diferentes, como *C. whipplei* (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth [= *O. whipplei* Engelm. & J.M. Bigelow].

Cylindropuntia kleiniae (DC.) F.M. Knuth.
[= *Opuntia kleiniae* DC.] (figura 17).

Arbusto de porte enmarañado pero poco denso, usualmente poco elevado (hasta 1-1,5 m) aunque puede alcanzar tamaños superiores, sin perder normalmente el aspecto de mata. Artejos alargados y finos de hasta 20 x 1,2 cm, verdes, con tubérculos marcados, con 1-2 espinas (raramente hasta 4) finas, amarillentas o grisáceas con extremo amarillo, rectas o arqueadas, de hasta 3 cm de longitud. Gloquidios amarillos de hasta 2,5 mm. Tépalos espatulados de hasta 2,5 cm, de verdosos a bronceado-rojizos, tintados de rosa en el extremo. Anteras amarillas con filamentos verdosos de extremo bronceado, con estilo del mismo tono y lóbulos estigmáticos de color crema. Frutos globosos a cilíndricos, rojos en la madurez, escasamente tuberculado y no espinoso, de hasta 3,5 x 2 cm. $2n=22$. Planta del N de México que penetra escasamente en el S de Estados Unidos. Se encuentra escasamente cultivada en la zona valenciana, habiéndose detectado como planta asilvestrada recientemente.

Cylindropuntia leptocaulis (DC.) F.M. Knuth.
[= *Opuntia leptocaulis* DC.] (figura 18).

Arbusto bajo de hasta 1,5(2) m, de porte a menudo enmarañado y algo denso pero con uno o pocos troncos principales bien definidos. Lo más característico de su ramaje es la presencia de ramillas terminales no espinosas paralelas y ordenadas, en ángulo más o menos recto, al final de cada rama principal o secundaria más lignificada. Artejos alternos, verde-grisáceos a rojizos, muy estrechos, de hasta 8 x 0,5 cm; poseen tubérculos lineares que se secan al elongarse el artejo, dando lugar a arrugas con aspecto de costillas. 0-1(3) espinas por aréola, muy finas y flexibles, de extremo amarillento, cubiertas por una vaina usualmente más grisácea o rojiza hacia la base. Las vainas pueden ser enteramente amarillentas, o bien tener tonos rojizos mezclados con gris hacia la base y pardo hacia el extremo. Gloquidios de 1-3(5) mm. Flores pequeñas amarillentas o amarillo-verdosas, de tépalos estrechamente obovados menores de 1 cm. Anteras amarillas con filamentos amarillo-verdosos, siendo de similar color los lóbulos del estigma, y el estilo más netamente amarillo. Frutos de aspecto algo elíptico achatado, más anchos hacia el extremo, de hasta 15 x 7 mm, de amarillo a escarlata en la madurez; a veces pueden formar grupos proliferantes, donde unos frutos nacen de la corona del anterior. Planta muy variable por su alta diversidad de dotaciones cromosómicas: $2n=22$, 33 y 44. Propio del S de Estados Unidos y N de México. Se han localizado en la Comunitat Valenciana algunas colonias de esta especie, pequeñas pero en rápida expansión.

Cylindropuntia x tetracantha (Toumey) F.M. Knuth, Kaktus-ABC: 124 (1935) [*C. acanthocarpa* × *C. leptocaulis*]. [= *Opuntia tetracantha* Toumey].

Planta de origen híbrido que recuerda levemente a *O. kleini*, por lo que a veces se la ha considerado una variedad de aquella especie. El progenitor *C. acanthocarpa* (Engelm. & Bigelow) F.M. Knuth no se ha localizado en estado silvestre en tierras valencianas.

Arbusto abiertamente ramificado de 1-1,5 m. Artejos largos y muy estrechos, de hasta 30 x 1,5 cm, de color verde grisáceo o algo rojizo, con tubérculos poco destacados. Las aréolas poseen un tomento lanoso de color marrón.

1-4(6) espinas de hasta casi 3 cm, generalmente curvadas, blancas con la parte basal rosada; vainas blancuzcas con extremo dorado. Gloquidios de 1-3 mm. Tépalos más o menos espatulados de 1-1,5 cm, de bronceado-verdosos a rojizos o rosado intenso. Anteras de color amarillo intenso con filamentos rojizos. Frutos más o menos aovados o en forma de tonel ancho hacia el extremo, amarillentos con tonos rojizos, a menudo proliferantes y frecuentemente estériles, con aréolas que suelen llevar una espina corta. $2n=22$. Planta rara en cultivo y asilvestrada, con pocas citas en la zona valenciana —indicado inicialmente en el Islote de Benidorm—, y que parece propagarse exclusivamente por vía vegetativa.



Figura 6. *Tephrocactus articulatus* (Pfeiff.) Backeb. Imagen: Frank Vincentz ©.



Figura 7. *Austrocylindropuntia cylindrica* (Lam.) Backeb. Imagen: Brigadas de Biodiversidad.



Figura 8. *Austrocylindropuntia subulata* (Muehlenpf.) Backeb. Imagen: Vicente Deltoro.



Figura 9. *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F.M. Knuth. Imágenes: ARC-PPRI; detalle flor: NobbiP ©.



Figura 10. *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth. Imagen: Vicente Deltoro.



Figura 12. *Cilyndropuntia bigelovii* (Engelm.) F.M. Knuth. Imagen: Bernard Gagnon ©.



Figura 11. *Cylindropuntia pallida* (Rose) F.M. Knuth. Imagen: Mercedes Piera.



Figura 13. *Cylindropuntia tunicata* (Lehm.) F.M. Knut. Imagen: Frank Vincentz ©.



Figura 14. *Cylindropuntia cholla* (F.A.C. Weber) F.M. Knuth. Imágenes: Forest & Kim Starr ©; detalle flor: Steve Evans ©.



Figura 15. *Cylindropuntia prolifera* (Engelm.) F.M. Knuth. Imágenes: Vicente Deltoro.



Figura 16. *Cylindropuntia spinosior* (Engelm.) F.M. Knuth. Imágenes: Daniel Guillot; detalle flor: Skoch3 ©.



Figura 17. *Cylindropuntia kleiniae* (DC.) F.M. Knuth. Imágenes: Vicente Deltoro; detalle flor: Miguel Ángel Gómez Serrano.



Figura 18. *Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F.M. Knuth. Imágenes: James Steakley ©; detalle flor: Gary Nored ©.

4



BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA de *C. pallida*

Flor de *C. pallida*.

La capacidad de algunas especies del género *Cylindropuntia*, como *C. pallida*, para establecerse, reproducirse, dispersarse y, eventualmente, dominar ambientes secos y semiáridos, fuera de su área de distribución nativa, es fruto de una combinación de rasgos morfológicos y anatómicos, conjugados con su particular biología reproductiva y su fisiología. Esta sección ofrece una síntesis de los aspectos conocidos de su biología y ecología, haciendo énfasis en aquellos que sustentan su capacidad invasora, por su relevancia para la gestión de sus poblaciones.

4.1. Biología

C. pallida es una especie estéril que se propaga por vía vegetativa, a partir de artejos y de frutos que se desprenden de las plantas madre, enraízan y generan nuevas plantas (figura 19). Este es un mecanismo de reclutamiento co-

mún en Opuntioideas, ya que muchas especies han perdido su capacidad de reproducción sexual (Mandujano *et al.* 1996; Negrón-Ortiz 1998; Mayer y Williams 2000).

Entre las ventajas que ofrece la reproducción vegetativa para una especie invasora se puede citar:

- Producción de propágulos no condicionada por el establecimiento de interacciones con la fauna local —polinizadores—.
- Rápida colonización de nuevas localidades y establecimiento de poblaciones grandes.
- Propagación posible en cualquier época del año cuando artejos o frutos entren en contacto con el sustrato.



Figura 19. (a) Fruto estéril de *C. pallida* cortado longitudinalmente. Estos frutos no producen semillas ni maduran, y permanecen siempre verdes. (b) Eventualmente, pueden desprenderse de la planta, enraizar y dar lugar a una nueva planta, como puede verse en esta imagen de un fruto cultivado. Imágenes: Miguel Ángel Gómez Serrano.

La eficacia con la que *C. pallida* se reproduce vegetativamente explica, en parte, su éxito como especie invasora. Esta combinación de rasgos que también contribuyen a su dispersión son presentados en los siguientes apartados.

4.1.1. Formación de raíces adventicias

Los artejos y frutos enraízan con rapidez una vez separados de la planta. Por ejemplo, a los 20 días de ser depositados en la superficie del sustrato el 80% emite raíces, independientemente del aporte de agua (figura 20b). Esto es debido a que cualquier superficie de *C. pallida* es capaz de producirlas, debido a la presencia de tejido meristemático en los nódulos verrugosos presentes en tallos y frutos.

En la práctica, esto supone que todo fragmento olvidado durante la eliminación de una planta puede generar un nuevo ejemplar. Si a esto se une la propensión de la planta a la fragmentación —ver más adelante—, se puede entender la dificultad que conlleva la erradicación de las poblaciones de esta especie.



4.1.2. Suculencia

El agua almacenada en tallos y frutos de *C. pallida* permite que las plantas que se generan a partir de sus artejos tengan:

- Mayor vigor, ya que los recursos acumulados pueden ser asignados a la formación de nuevos brotes y raíces (Mandujano *et al.* 2007).
- Mayores probabilidades de supervivencia, ya que disponen de una reserva de agua en ambientes con disponibilidad errática de este recurso (figuras 21 y 27).

Por otro lado, la cantidad de agua almacenada condiciona la longevidad de los artejos desprendidos, que puede llegar a ser de hasta 2 años en condiciones de sequía (Bobich & Nobel, 2001).

La succulencia y la capacidad de formar raíces adventicias permiten a la especie formar un “banco de propágulos” longevo, capaz de regenerar la población donde las plantas adultas han sido eliminadas o establecer una nueva población.

4.1.3. Debilidad de las uniones

Las especies del género *Cylindropuntia* son propensas a la fragmentación, debido a que la sección transversal en la base de los artejos es más estrecha que en el centro (figura 22). Esto provoca que las fuerzas que inciden sobre ellos se concentren en una base frágil desde el punto de vista biomecánico (Bobich & Nobel 2001a, b).

Como en otras especies de *Cylindropuntia* —p.ej. *C. fulgida* (Bobich, 2005)—, el tipo de artejo que se desprende con más frecuencia en *C. pallida* es el situado en el extremo de las ramas (figura 23a) por dos razones:

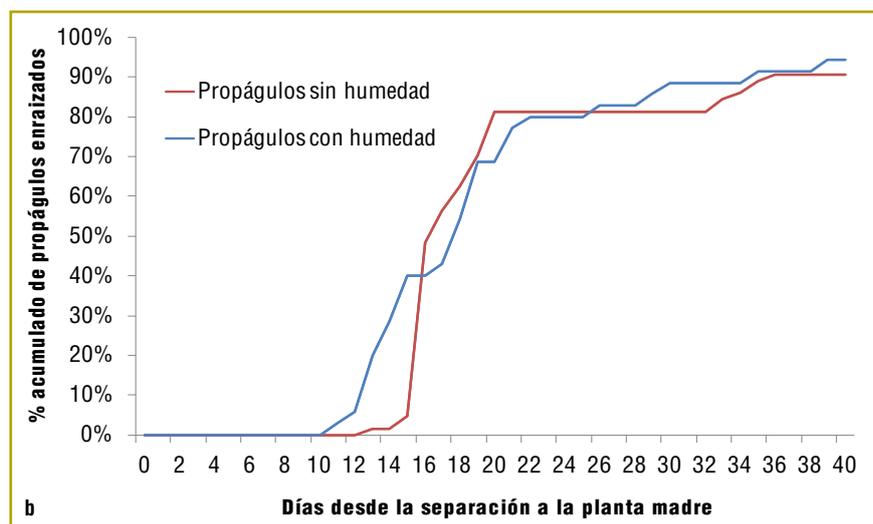


Figura 20. (a) Artejo de tamaño inferior a 1 cm de diámetro con raíces adventicias. (b) Porcentaje acumulado de artejos de *C. pallida* enraizados en función del tiempo de permanencia sobre un sustrato mineral irrigado (línea azul) y no irrigado (línea roja). Nótese cómo la producción de raíces viene estimulada por la separación de la planta madre y no por la disponibilidad de agua en el sustrato. Imagen: Miguel Ángel Gómez Serrano.

- a) Por tratarse de las partes de la planta más expuestas y, por lo tanto, más susceptibles de engancharse y desprenderse.
- b) Porque a medida que se ramifican de manera secundaria, desarrollan una base más ancha y resistente frente a las tensiones, de modo que su propensión al desprendimiento disminuye (Bobich & Nobel 2001a, 2002).

En la práctica, la debilidad de las uniones de *C. pallida* dificulta su erradicación, pues las plantas tienden a fragmentarse durante los trabajos de control. Esto hace necesario rastrear la zona de actuación, con vistas a recuperar el mayor número posible de artejos desprendidos y, con ello, minimizar la probabilidad de recolonización. Esta tarea se ve dificultada por el pequeño tamaño que pueden llegar a tener de los artejos (figura 23).



Figura 21. (a) Sección de un tallo de *C. pallida*. Nótese el grueso mesófilo, rico en agua. (b) Artejo enraizado con severo déficit hídrico en una zona despejada y sometido a una intensa insolación en Llíria (Valencia). La densidad elevada de espinas en la parte superior de los artejos favorece su inclinación una vez desprendidos y, con ello, el contacto con el sustrato de su extremo basal, una región con alta capacidad de formación de raíces. Imágenes: Miguel Ángel Gómez Serrano.



Figura 22. De izquierda a derecha: Artejos terminales de *C. pallida* en una fase inicial de desarrollo, cuando son propensos al desprendimiento, debido a la debilidad de la unión con la planta madre. A su lado, artejo terminal más desarrollado de la misma especie con una base más ensanchada. A continuación segmento de *Austrocylindropuntia subulata*, cuyas uniones son las más lignificadas de las tres especies de la imagen y, por lo tanto, las menos propensas al desprendimiento. A la derecha, artejo de *C. imbricata*. Nótese las diferencias en el número y el tamaño de las espinas entre las tres especies, un rasgo que algunos autores relacionan con la capacidad invasora de las diferentes especies del género (Bobich & Nobel 2001b). Imagen: Miguel Ángel Gómez Serrano.



Figura 23. (a) Artejos esféricos de *C. pallida* con diámetros entre 8-12 mm. (b) Localización de un propágulo enraizado de pequeño tamaño y naturaleza críptica. Imágenes: Miguel Ángel Gómez Serrano.



4.1.4. Producción precoz de artejos

En condiciones de cultivo, los artejos de *C. pallida* comienzan a ramificarse entre los 50 y los 70 días (figura 24), en función de la disponibilidad hídrica, cuando el tamaño de las plantas es de aproximadamente 5 cm de altura. En las etapas iniciales de su desarrollo, los nuevos artejos son de morfología esférica y se encuentran muy débilmente unidos a la planta, por lo que se desprenden al ser sometidos a tensiones muy leves.

En la práctica, lo anterior supone que las plantas se convierten con rapidez en unidades con capacidad reproductiva y dispersiva, capaces de incrementar la presión de propágulos, un factor clave en el éxito de toda invasión biológica.

4.1.5. Espinescencia

C. pallida es una de las especies más espinescentes del género, con 4-9 espinas de 3-4 cm de longitud por areola, que se proyectan en todas direcciones (figura 21a).

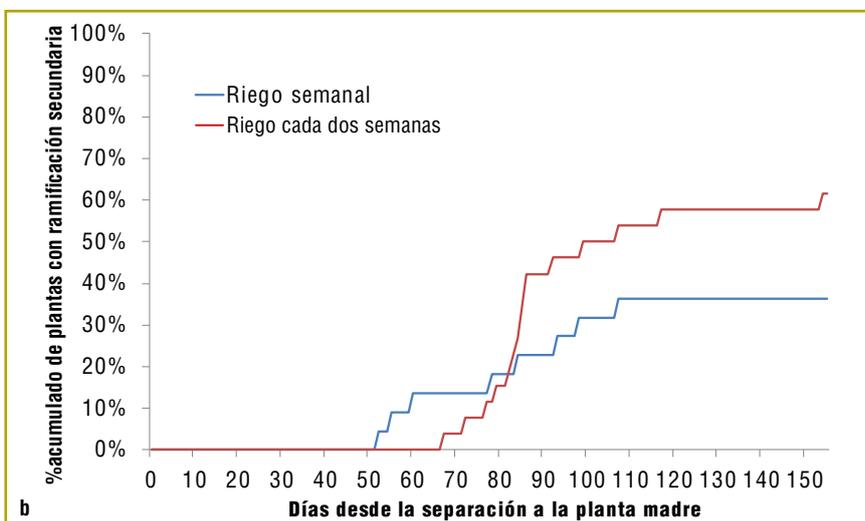


Figura 24. (a) Planta cultivada de 18 semanas de edad con artejos con capacidad para dispersarse y generar nuevas plantas. (b) En condiciones de cultivo, la producción de nuevos artejos (ramificación) comienza a los 50-70 días, y afecta a más plantas cuanto menor es la disponibilidad hídrica. Imagen: Miguel Ángel Gómez Serrano.

Además, la superficie de sus espinas está recubierta por células epidérmicas con extremos acabados en punta proyectados hacia la base (figura 25), lo que las convierte en pequeños arpones.

Todo lo anterior contribuye a que las espinas se enganchen con gran facilidad en las personas o animales que rozan las plantas, lo que habitualmente da como resultado el desprendimiento de los artejos y su eventual dispersión.

4.2. Ecología

C. pallida es una planta con una gran versatilidad ambiental, tal y como sugiere el hecho de que crece bajo condiciones climáticas muy diferentes y en gran variedad de situaciones (figura 26). En otras regiones del mundo

donde la especie se comporta como invasora también se ha constatado su crecimiento en una amplia diversidad de hábitats —ver anexos—.

En la Comunitat Valenciana se han localizado poblaciones sobre suelos profundos pero también esqueléticos, en acantilados o pedrizas, en terrenos despejados o herbazales densos, en situaciones expuestas o bajo cubierta arbórea, e incluso en sustratos artificiales como tejados de uralita. No obstante, los núcleos poblacionales de mayor tamaño y densidad crecen en terrenos con escasa cobertura vegetal en dos de las áreas más secas y cálidas de la Comunitat Valenciana, tal y como puede verse en la figura 27. Esto es debido, posiblemente, a la elevada tolerancia a la sequía de ésta y otras especies de la familia *Cactaceae*, capaces de perder hasta el 60% de su conte-

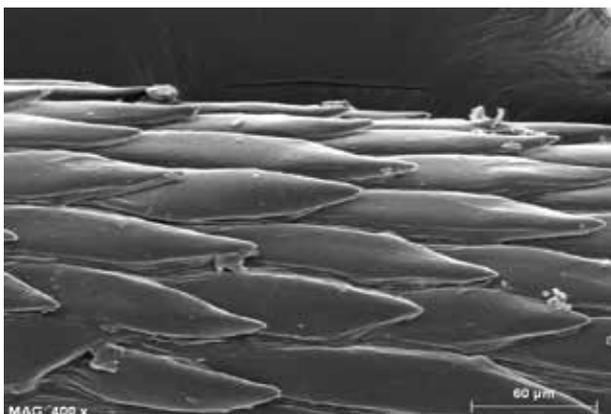
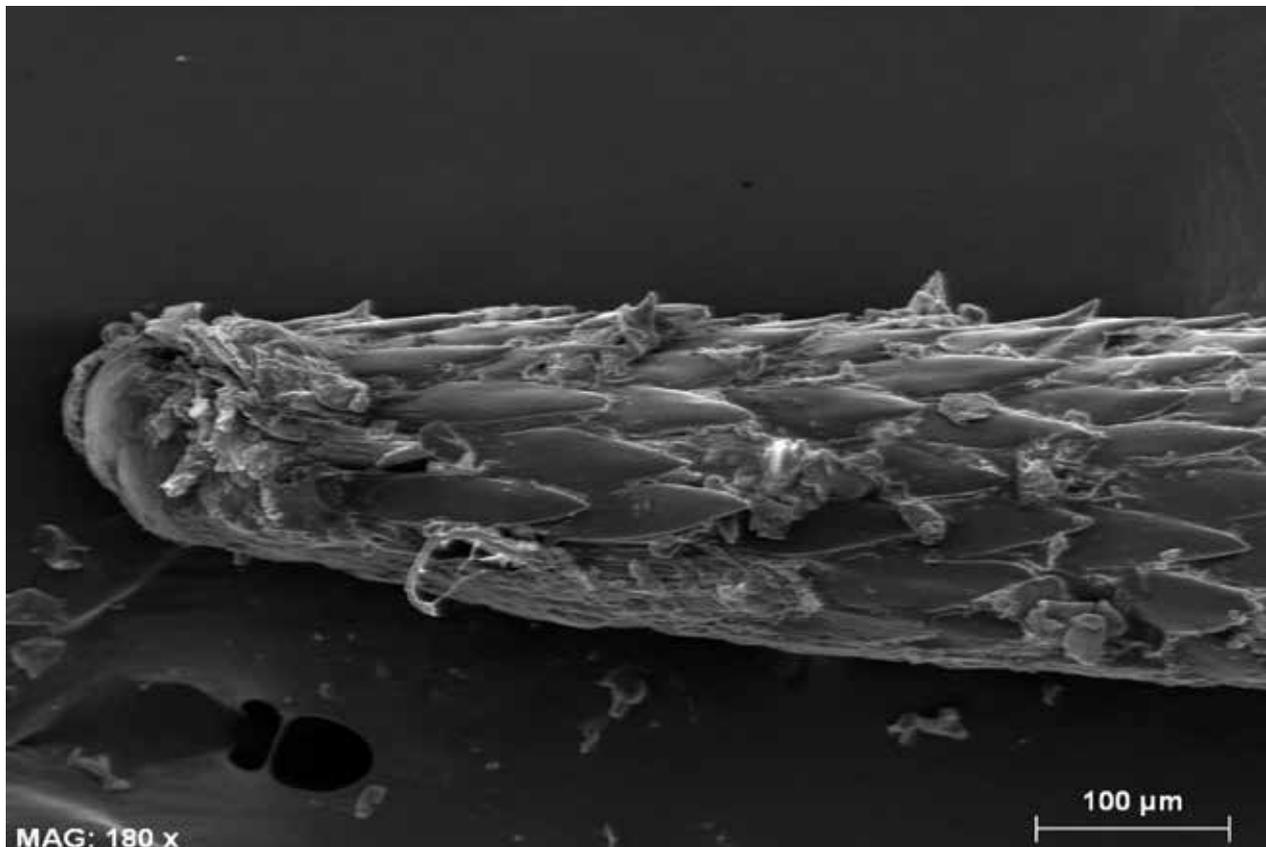


Figura 25. Células epidérmicas con extremos acabados en punta proyectados hacia la base que recubren la superficie de las espinas de *C. pallida*. Imágenes: Servicio Microscopía de la Universitat de València.



Figura 26. *C. pallida* puede colonizar ambientes muy diferentes, desde sustratos artificiales (a) a medios rocosos con suelos esqueléticos (b) pasando por matorrales e incluso herbazales densos (c), llegando a crecer entre otras plantas. Imágenes: (a,c) Brigadas de Biodiversidad; (b) Vicente Deltoro.

nido en agua sin experimentar estrés hídrico. A modo de comparación, una planta mesófito puede morir con una pérdida del 20%. Esta capacidad, unida a mecanismos fisiológicos que contribuyen a un uso eficiente del agua, puede permitir a *C. pallida* mostrarse más competitiva en ambientes secos.

Entre los mecanismos fisiológicos a los que se ha hecho referencia se incluye el metabolismo fotosintético ácido crasuláceo propio de las cactáceas, que les permite fijar el CO₂ durante la noche, de modo que la fotosíntesis puede realizarse durante el día con los estomas cerrados. Esta ruta metabólica permite a los cactus perder 1/6000 veces menos agua que un mesófito con una superficie foliar equivalente, para fijar la misma cantidad de este elemento.

Por otro lado, la pérdida de agua también se minimiza a nivel del sistema radicular, ya que las cactáceas reducen el diámetro de las raíces en épocas de sequía. Esto

provoca que se formen huecos entre raíz y sustrato, de modo que se evita el contacto con un suelo seco con un potencial hídrico más negativo que el de la planta (North & Nobel, 1992). A esto hay que añadir que las cactáceas son capaces de reactivar rápidamente la actividad radicular con el cese de la sequía, lo que unido al carácter superficial de sus raíces les permite una eficaz absorción del agua y la rápida reactivación del crecimiento, incluso cuando las precipitaciones son de escasa entidad (Rundel & Nobel, 1991).

Finalmente, el recubrimiento exhaustivo de espinas y gloquídios confiere a *C. pallida* una eficaz protección frente a los herbívoros y una ventaja competitiva frente a la vegetación nativa. Además, las espinas reducen la insolación de la planta —al sombrearla e incrementar su albedo— y protegen a los artejos desprendidos de las temperaturas del sustrato —al mantenerlos elevados se reduce hasta 5 °C la temperatura que experimentan— lo que prolonga su longevidad.

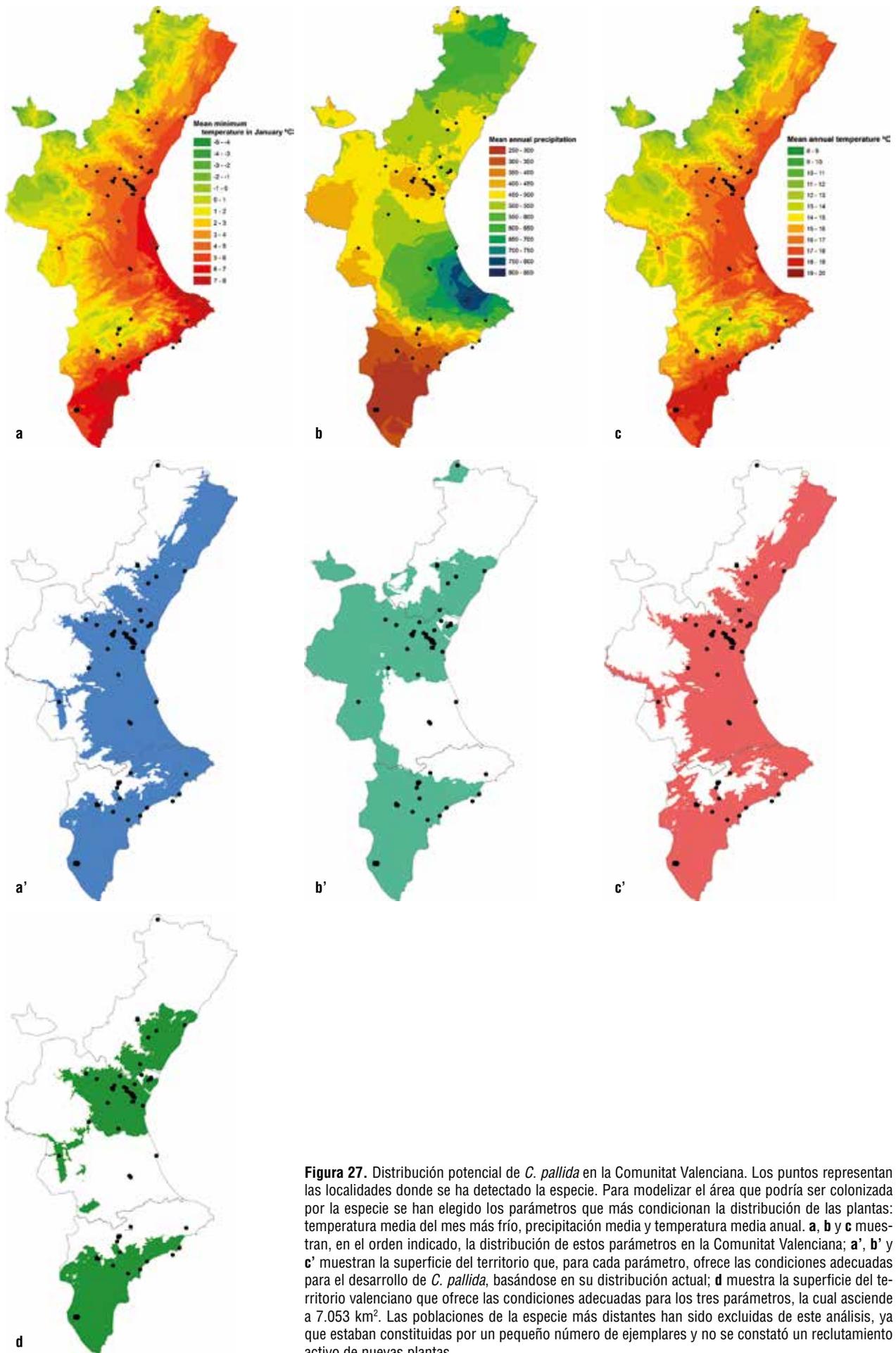


Figura 27. Distribución potencial de *C. pallida* en la Comunitat Valenciana. Los puntos representan las localidades donde se ha detectado la especie. Para modelizar el área que podría ser colonizada por la especie se han elegido los parámetros que más condicionan la distribución de las plantas: temperatura media del mes más frío, precipitación media y temperatura media anual. **a**, **b** y **c** muestran, en el orden indicado, la distribución de estos parámetros en la Comunitat Valenciana; **a'**, **b'** y **c'** muestran la superficie del territorio que, para cada parámetro, ofrece las condiciones adecuadas para el desarrollo de *C. pallida*, basándose en su distribución actual; **d** muestra la superficie del territorio valenciano que ofrece las condiciones adecuadas para los tres parámetros, la cual asciende a 7.053 km². Las poblaciones de la especie más distantes han sido excluidas de este análisis, ya que estaban constituidas por un pequeño número de ejemplares y no se constató un reclutamiento activo de nuevas plantas.



5

VÍAS DE ENTRADA, VECTORES DE DISPERSIÓN Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN

Artejos de *C. pallida*

En esta sección se analizan las vías de entrada de *C. pallida* en la Comunitat Valenciana, así como los vectores que posiblemente han contribuido a dispersarla y a generar los patrones de distribución observables en la actualidad. Esta información —que puede compararse con la proporcionada para Sudáfrica y Australia (ver anexos)— puede permitir a gestores de otras regiones afectadas por plantas de este género comprender cuál es la distribución esperable una vez se instalan en su territorio, qué vectores contribuyen a alcanzarla y cómo tener en cuenta estos aspectos a la hora de planificar los trabajos de control.

5.1. Vías de entrada

El hecho de que los núcleos poblacionales de *C. pallida* se encuentren con frecuencia asociados a asentamientos humanos (figura 28) sugiere que su introducción en territorio valenciano tuvo lugar con fines ornamentales, del mismo modo que en Australia y Sudáfrica. También se apunta este origen para otros núcleos poblacionales de la especie presentes en España, como el de Toledo (Sanz-Elorza *et al.* 2004), donde la especie crece en las inmediaciones de la ermita de la Virgen de la Cabeza.



Figura 28. (a) Empleo de *C. pallida* como especie ornamental en Buñol (Valencia). (b) Núcleo poblacional de *C. pallida* en los alrededores de residencias abandonadas en El Campello (Alicante). Imágenes: Brigadas de Biodiversidad.

< Núcleo poblacional de *C. pallida* en las inmediaciones de Jalance (Valencia).

5.2. Vectores de dispersión

A escala local *C. pallida* puede ser dispersada por:

- Transeúntes, animales domésticos —incluido el ganado— o salvajes, debido al hecho de que sus espinas se enganchan con gran facilidad (figura 29a). Es común observar plantas a lo largo de senderos por los que transitan excursionistas y a lo largo de estructuras uti-

lizadas por el ganado para desplazarse (figura 29c).

- Arrastres provocados por las precipitaciones (figura 29d y e), tal y como sugieren Grant y Grant (1971) para especies del género *Cylindropuntia*.
- Posiblemente, fenómenos meteorológicos extremos —vendavales o tormentas—, que provocan el desprendimiento de los artejos más expuestos.

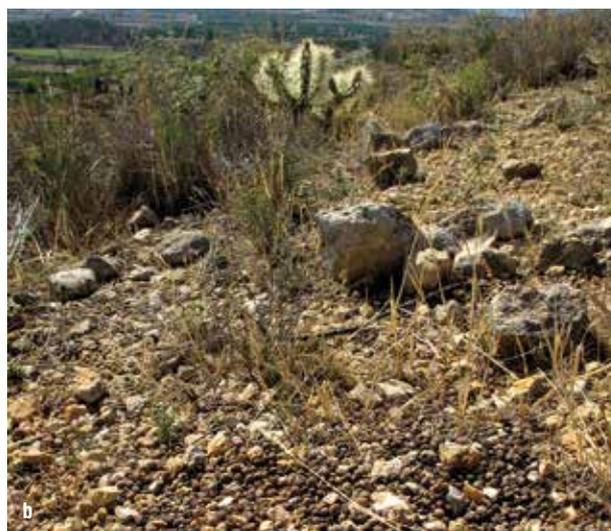


Figura 29. Posibles vectores que dispersan las plantas a escala local. (a) Artejos enganchados al calzado; (b) Letrinas de conejo en las inmediaciones de plantas de *C. pallida*, las cuales son habitualmente utilizadas como refugio. (c) Rebaño de cabras en zonas donde crece *C. pallida*; (d) Grupo denso de pequeños artejos —algunos ya dando lugar a nuevas plantas, ver detalle en (e)— en un acúmulo de sustrato de una ladera con fuerte pendiente en Llíria (Valencia), posiblemente como resultado del arrastre por la escorrentía.

Por otro lado, los movimientos de *C. pallida* a escala regional pueden ser el resultado de:

- El intercambio de artejos entre aficionados a la jardinería y el abandono irresponsable de restos de la especie, como sugiere su presencia habitual en las inmediaciones de residencias. El primer vector también ha sido propuesto para otras plantas invasoras que se reproducen vegetativamente (Sullivan *et al.* 2004, 2005).
- El transporte involuntario de artejos —enganchados a neumáticos, durante la realización de movimientos

de tierras, etc.— como indica la vinculación de la especie a medios antropizados —escombreras, solares, vías de comunicación, áreas residenciales, etc.—. Por ejemplo, el 80% de los recintos en donde crece *C. pallida* en la Comunitat Valenciana se sitúan a menos de 500 metros de una vía de comunicación (figura 30).

- El transporte por aves. Este vector explicaría la presencia de la especie en lugares remotos, como islas o acantilados marinos, alejados de otros núcleos.

5.3. Patrones de dispersión y distribución en el territorio

En general, los núcleos poblacionales de *C. pallida* en la Comunitat Valenciana muestran una densidad elevada (figuras 31-33), posiblemente como resultado de que su dispersión, como la de otras especies del género, suele tener lugar a distancias cortas (Bobich & Nobel, 2001a,b).

La densidad de los núcleos poblacionales de *C. pallida* puede estar relacionada con la frecuencia con la que animales o el hombre transitan por las zonas infestadas, lo que inevitablemente provoca el desprendimiento de artejos y su dispersión. Esto se traduce en poblaciones con plantas próximas las unas a las otras, e integradas por individuos de diferentes clases de edad (figura 32). La localización de individuos solitarios de la especie, incluso de gran tamaño, en lugares con baja frecuentación de personas o animales, puede ser considerado una evidencia a favor de esta hipótesis (figura 33).

Otra evidencia a favor de la dispersión a corta distancia se obtiene al analizar las distancias entre recintos que contienen la especie (figura 34). En el 55% de los casos, un recinto tiene a otro como vecino a menos de 100 metros. Este porcentaje alcanza el 85% cuando la distancia de vecindad se aumenta hasta 1 kilómetro.

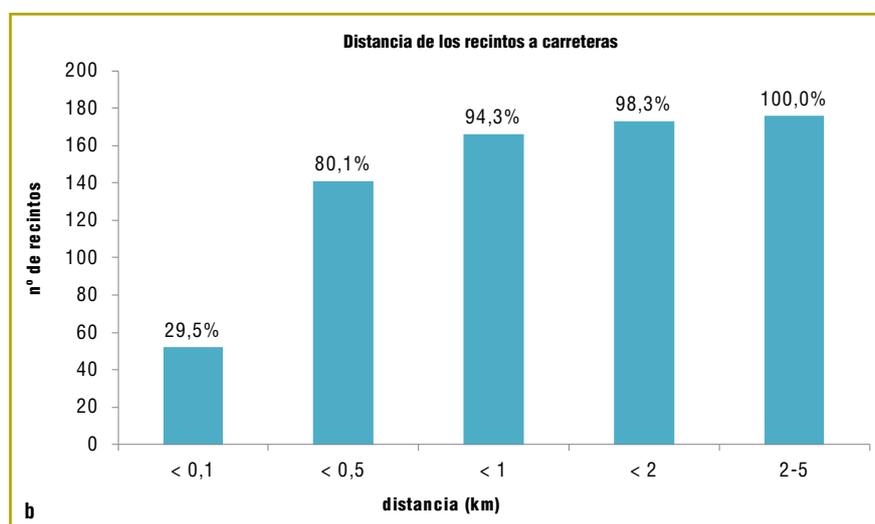
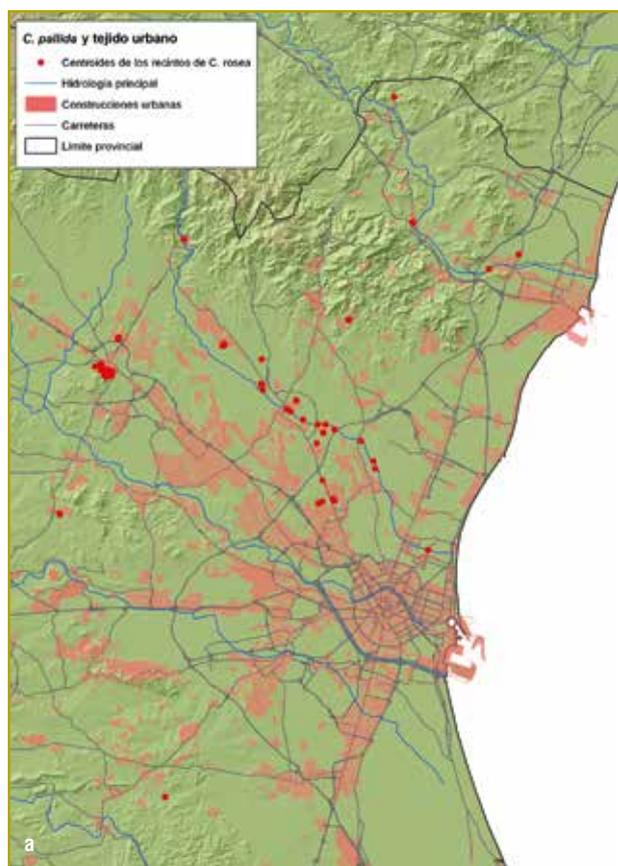


Figura 30. (a) Distribución de los recintos con *C. pallida* en el área metropolitana de Valencia. Nótese su vinculación con tejido urbano. En concreto, puede observarse su localización a lo largo de una estructura lineal —barranco del Carraxet, indicado en la figura siguiente—. (b) Porcentaje acumulado de recintos que contienen *C. pallida* a distancia inferior a la indicada en el eje horizontal respecto a vías de comunicación en la Comunitat Valenciana.

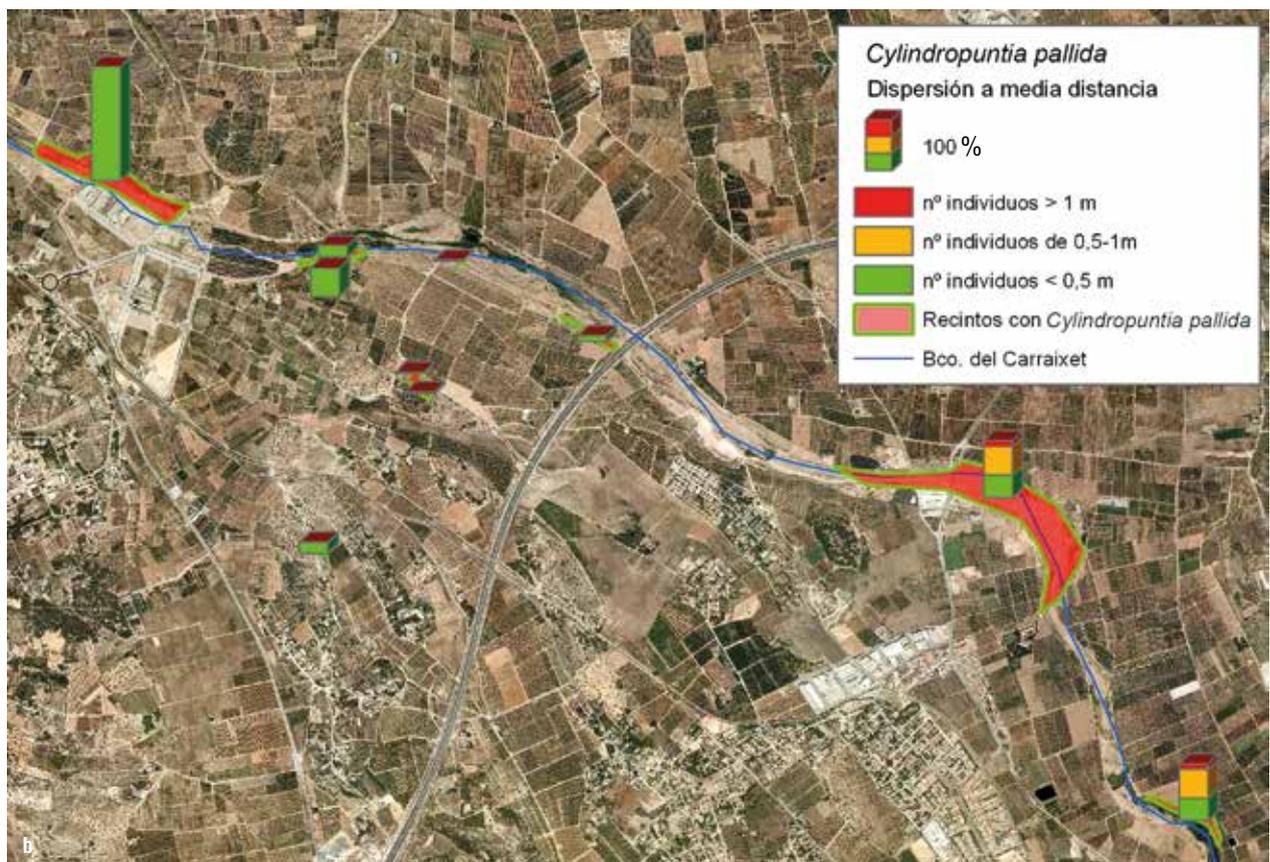
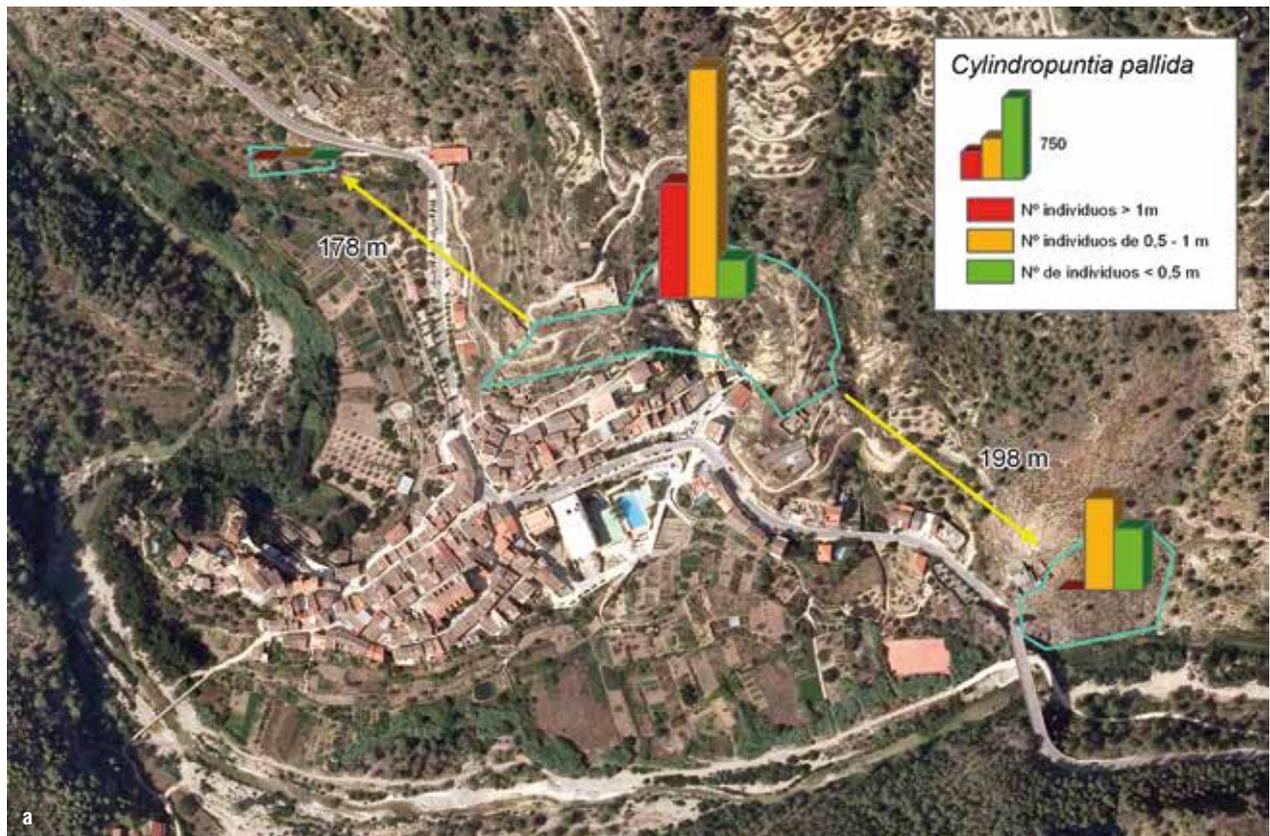


Figura 31. Dos ejemplos de dispersión a corta y media distancia de *C. pallida*. (a) En Ludiente (Castellón), la población con más individuos y ejemplares de mayor tamaño, en el centro, posiblemente ha dado origen a dos núcleos satélite. Los histogramas muestran el reparto de la población en clases de edad, sobre un total de 750 individuos. El bajo número de ejemplares >1 m en las poblaciones de menor tamaño sugiere que se trata de núcleos de origen más reciente que el central, que habría actuado como fuente de propágulos. (b) En el barranco del Carraxet (Bétera-Moncada, Valencia), las poblaciones se distribuyen a lo largo de esta estructura lineal fuertemente antropizada. Las poblaciones en el extremo derecho de la imagen poseen un porcentaje más elevado de individuos mayores de 1 m, lo que sugiere que son el origen del resto de poblaciones con ejemplares de menor porte. Imágenes: Miguel Ángel Gómez Serrano.

A pesar de lo anterior, ocasionalmente se produce transporte a larga distancia, como sugiere el hecho de que el 3% de los núcleos poblacionales se localizan a distancia considerable del resto, en una horquilla comprendida entre los 10-100 kilómetros. En este sentido, se ha documentado dispersión a larga distancia en *Opuntia fragilis*,

cuando sus artejos son arrancados por animales (Anthony, 1954; Frego & Staniforth, 1985; Bobich & Nobel, 2001b). En la Comunitat Valenciana, este transporte a larga distancia puede haber sido mediado por el hombre y, en algunas ocasiones, por animales, incluidas aves de gran tamaño.



Figura 32. La dispersión a corta distancia genera poblaciones densas, como estas de Lliria (Valencia). Imagen: Vicente Deltoro.

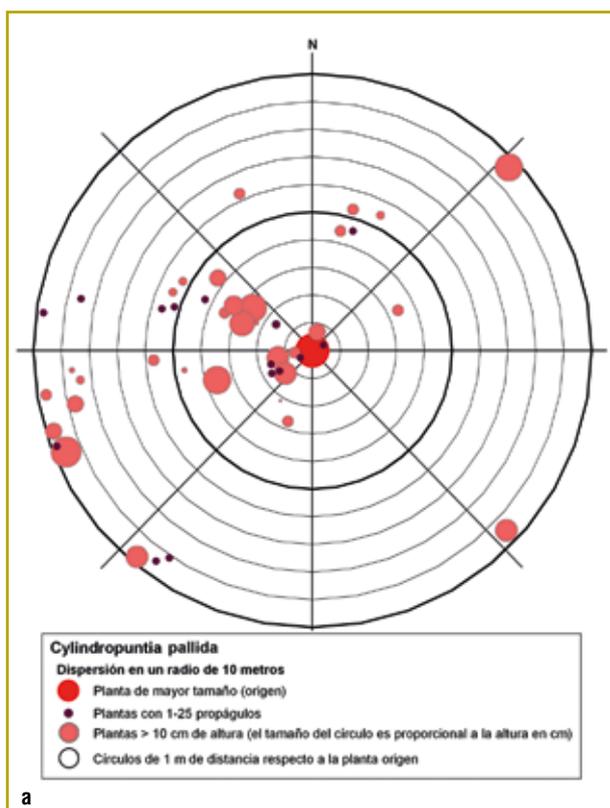


Figura 33. (a) Distribución de ejemplares de *C. pallida* en un núcleo poblacional situado en Lliria (Valencia), en un ambiente con trasiego de personas y animales. La planta en el centro del gráfico corresponde a la de mayor tamaño del núcleo poblacional estudiado y se consideró como su origen. La distribución agregada de los ejemplares en un radio de 10 metros de la planta madre y la presencia de individuos de diferente talla sugiere un reclutamiento activo de nuevas plantas fruto del desprendimiento de artejos que dispersan a corta distancia. (b) Un ejemplo de planta solitaria en Valencia, en un lugar de escaso trasiego de personas o animales. Imagen: Raúl Serrano.

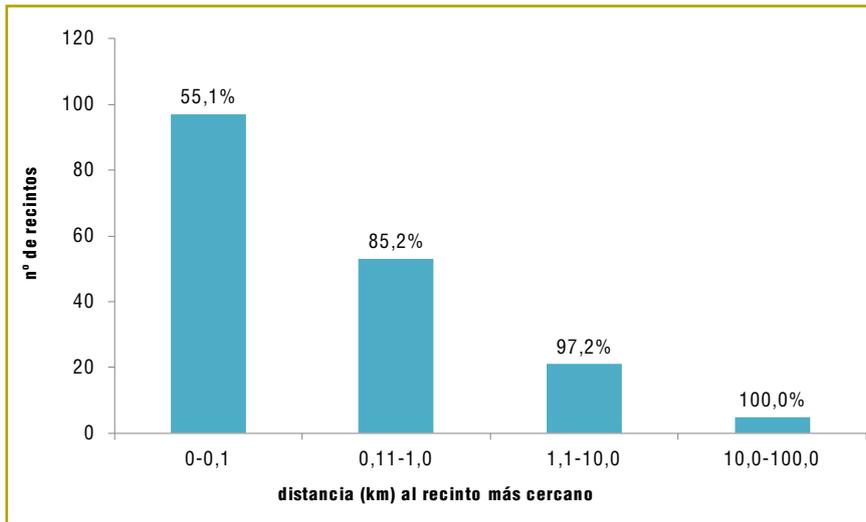


Figura 34. Distancia mínima entre los centroides del recinto más próximo con *C. pallida* en la Comunitat Valenciana.



^Ejemplares de *C. pallida* de grandes dimensiones en terrenos baldíos del termino municipal de Bétera (Valencia).

6



ANÁLISIS DEL RIESGO DE INVASIÓN DE *C. pallida*

Propágulos crípticos de tamaño muy reducido en *C. pallida*

Juan García-de-Lomas, Elías D. Dana y Guillermo Ceballos.

El análisis del riesgo de invasión es una etapa clave en la gestión de las especies exóticas invasoras. Esta herramienta, de vocación preventiva, tiene por objeto evaluar de manera objetiva las posibilidades que tiene una especie exótica de comportarse como invasora en un territorio. Por esta razón, se emplea para minimizar la entrada de especies potencialmente invasoras en una región, evitando los costes que genera la gestión de las invasiones biológicas para la sociedad y el medio natural. En el caso de especies exóticas ya introducidas, este proceso se realizaría, idealmente, cuando la especie forma poblaciones incipientes y se desconoce su potencial invasor. Considerando que el marco habitual es la existencia de numerosos escenarios de invasión y escasos recursos disponibles, el análisis del riesgo de invasión constituye el primer eslabón de decisión a la hora de seleccionar y priorizar actuaciones de gestión. Se asume que las especies exóticas no invasoras no son problemáticas y, por lo tanto, no requieren medidas de gestión (Dana *et al.* 2014). Además, el análisis de riesgo está contemplado en el *Real Decreto 630/2013, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras* y es un trámite indispensable para, entre otras

cosas, justificar la inclusión de una nueva especie en el Catálogo (art. 5).

En general, se asume que las invasiones biológicas son contexto-dependientes, donde intervienen (1) aspectos bióticos relacionados con las características de la especie, la comunidad nativa y exótica presente en el lugar de introducción; (2) aspectos abióticos del hábitat receptor; y (3) aspectos relacionados con la presión de propágulos (vías de aporte y dispersión, etc.) (tabla 1). Para que una especie invasora tenga éxito, estos tres grupos de variables deben ser favorables o al menos complacientes (Catford *et al.* 2009). La extensión e intensidad de la invasión estará no obstante determinada por la idoneidad de estos factores. A su vez, todas estas variables fluctúan y cambian en el tiempo y el espacio, tanto por acción natural como inducida por el hombre, y por la acción de la propia especie invasora, por lo que la invasión del territorio será también un fenómeno dinámico (Hastings 1996). Por todo ello, las invasiones son procesos altamente aleatorios o idiosincráticos y su predicción constituye un verdadero reto.

Tabla 1. Variables que determinan el éxito de la invasión

| Bloque | Parámetros |
|--|--|
| Presión de propágulos | Número de propágulos que se realiza en cada introducción |
| | Tiempo transcurrido desde la primera introducción |
| | Frecuencia de introducción (número de eventos) |
| | Usos de la especie; Modos de dispersión |
| | Características de los propágulos |
| Características abióticas del ecosistema invadido | Condiciones y régimen del hábitat receptor |
| | Disponibilidad de recursos |
| | Perturbaciones y su frecuencia |
| | Localización geográfica |
| Características bióticas | Propiedades de la especie invasora analizada |
| | Interacciones con la comunidad receptora (enemigos, mutualismos, competidores, comensalismo, cascadas tróficas...) |
| | Grado de novedad (evolución, filogenia, grupo funcional, ...) |

Para predecir si una nueva especie exótica se convertirá o no en invasora, se selecciona y cuantifica una serie de variables fácilmente medibles, ya sea de la propia especie o del ambiente receptor, que se relacionan de uno u otro modo con su potencial invasor y los impactos que puede generar. La selección de unas u otras variables ha dado lugar al desarrollo de diferentes protocolos de análisis de riesgo (e.g. Pheloung 1999; Branquart 2007; Gederaas *et al.* 2007; Essl *et al.* 2010; Weber *et al.* 2005), que varían en sus componentes, categorías de impacto, datos requeridos, métodos de puntuación, incertidumbres, etc. (Verbrugge *et al.* 2010, 2012).

Para el caso de *C. pallida*, se ha escogido el *Protocolo de Análisis de Riesgo de Invasión para Vegetales Exóticos* desarrollado por la Junta de Andalucía (García-de-Lomas *et al.* 2014). Respecto a otros protocolos publicados, su diseño incorpora mejoras encaminadas a incrementar la robustez y la precisión de respuesta. Se requiere que el usuario aporte las fuentes de información utilizadas durante el proceso de valoración a fin de garantizar la objetividad de respuesta. Esto permite validar el análisis de riesgo por parte de técnicos especializados e incorporar los avances en el conocimiento a análisis pasados. Por otro lado, tiene carácter universal desde el punto de vista taxonómico y territorial, siendo válido no solo para cualquier tipo de vegetal sino también para cualquier territorio del mundo. Por último, es un protocolo de tipo cuantitativo (suman las puntuaciones procedentes de varios criterios de evaluación) que incluye un total de 19 preguntas, 4 de las cuales son de tipo cualitativo, bien excluyentes (preguntas críticas) o de alerta. Basta que la especie cumpla alguno de los criterios críticos para establecer un nivel de *Riesgo Alto*. De este modo, se puede llegar a reducir los tiempos de análisis de manera considerable.

Cálculo del nivel de riesgo de invasión de *C. pallida*

En primer lugar, se valora la actividad responsable de la introducción conforme al anexo. Seguidamente se respon-

den las 19 preguntas. Para reducir el tiempo de valoración, el orden de las preguntas se ha adaptado a los criterios de decisión de riesgo alto (tabla 2), en lugar de aparecer agrupadas por bloques de materias relacionadas (presión de propágulos, características invasivas, impactos). De este modo, si cualquiera de las dos cuestiones críticas es respondida con la opción “a”, no sería necesario seguir completando el cuestionario y directamente se obtendría un riesgo de invasión *Alto*. Como este no es el caso de *C. pallida*, se ha respondido a todas las preguntas. Posteriormente, se ha calculado la suma de las puntuaciones (28,5 puntos), que transformadas a una escala [0-100] y sumando los puntos extra obtenidos por el tipo de actividad responsable de la introducción (5 puntos), resulta un total de 65 puntos, que está por encima del umbral de 54. De este modo, se obtiene que *C. pallida* presenta un *Riesgo Alto* de invasión en España (tabla 2).

Dado que los impactos considerados se centran en la afectación de la especie valorada sobre la biodiversidad, la herramienta da mayor peso a aquellas especies que afecten al medio natural y sus elementos. Esto se corrige en parte con dos cuestiones relacionadas con las posibles repercusiones sobre la socio-economía y la salud pública. En caso de detectarse una posible afección a estos sectores, la herramienta genera alertas finales, con la intención de ser trasladadas a la administración competente para su conocimiento y planteamiento de medidas adicionales de gestión. En el caso de *C. pallida*, se obtuvieron alertas de impacto tanto sobre la salud pública (daños potenciales relacionados con las abundantes y largas espinas) como sobre la socio-economía (limitación de usos recreativos, modificación del paisaje; Deltoro *et al.* 2013). Una de las preguntas críticas también deriva en una alerta, aunque en este caso no tiene mayor repercusión dado que el nivel de riesgo sale alto.

Entre las fuentes utilizadas para responder al cuestionario se incluyen Deltoro *et al.* (2013), Anon. (2012), Henderson (2012), Johnson *et al.* (2009), Bobich y Nobel (2001).

Tabla 2. Criterios para considerar que una especie exótica tiene riesgo alto de invasión.

| ¿Cuándo una especie exótica tiene “riesgo alto” de invasión? | <i>Cylindropuntia pallida</i> ? |
|--|---|
| a) Si recibe la puntuación máxima en cualquiera de las 2 cuestiones “críticas”. | No |
| b) Si recibe la puntuación máxima en más de 3 preguntas “claves”. | No |
| c) Si se responde a todas las preguntas con “no se sabe”. | No |
| d) Si no cumple los tres criterios anteriores, pero al sumar todas las puntuaciones, la suma transformada [0-100] recibe más de 54 puntos. | Suma absoluta = 28,5 puntos; Suma transformada [0-100] + 5 puntos extra (por la tipología de la actividad) = 65 puntos > 54 (umbral de riesgo alto) → Riesgo alto |
| e) ¿Puede provocar problemas de salud pública? | Sí (alerta) |
| f) ¿Puede provocar daños socio-económicos? | Sí (alerta) |

Anexo. Batería de preguntas que conforman el *Protocolo de Análisis de Riesgo de Vegetales Exóticos*, valorado para *Cylindropuntia pallida*.

| Tipo de actividad | Puntuación | Indicar |
|--|------------|---------|
| Plantas ornamentales (acuáticas; de jardinería mediterránea sin grandes requerimientos de agua) | 3 | x |
| Especies en general de pequeño tamaño (< 10 cm) que pueden ser transportadas en el agua de lastre o en sus sedimentos, adheridas a vehículos de transporte (casco de barcos, anclas, ruedas, ...) o entre mercancías | 3 | |
| Especies de uso agrícola o asociadas a esta actividad | 2 | |
| Cría y comercio de plantas o animales para acuarios, terrarios, mascotas, etc. | 2 | |
| Plantas ornamentales (jardinería tropical con mayores requerimientos de agua) | 2 | |
| Comercio electrónico | 2 | x |
| Especies de uso forestal o asociadas a esta actividad | 1 | |
| Especies para zoológicos, acuarios, jardines botánicos, centros de investigación y otros lugares de cría en cautividad | 1 | |
| Especies vegetales empleadas en sistema de depuración | 1 | |
| Comercio ilegal de especies | 1 | |
| Control biológico | 0 | |
| Reintroducciones de especies extinguidas usando variedades diferentes a la nativa | 0 | |
| Transportadas accidentalmente por turistas internacionales | 0 | |
| Origen incierto | 0 | |

| PREGUNTAS CRÍTICAS | | | |
|--------------------|--|-------------|---------|
| 1 | ¿La especie es hospedadora de plagas, parásita o vector de parásitos y patógenos para las especies silvestres autóctonas? | Puntuación | Indicar |
| a | Sí | Riesgo alto | |
| b | No | Continuar | x |
| c | No se sabe | Alerta | |
| 2 | ¿Puede hibridarse con alguna especie autóctona? | | |
| a | Sí | Riesgo alto | |
| b | No, o bien el género de la especie exótica no está presente en la flora/fauna nativa | Continuar | x |
| c | No se sabe, o bien el género de la especie exótica está presente en la flora/fauna nativa | Alerta | |
| PREGUNTAS CLAVES | | | |
| 3 | ¿Hay citas bibliográficas que reporten a esta especie como invasora, naturalizada o casual? | Puntuación | Indicar |
| a | Sí, la cita indica claramente que es invasora en alguna región del mundo. | 5 | x |
| b | Existen variedades/subespecies invasoras, o lo son otras del mismo género en alguna región del mundo. | 3 | |
| c | Las citas sugieren que la especie está naturalizada, casual o espontánea en la región de estudio. | 2 | |
| d | A pesar de haber sido introducida en la región de estudio (o estados limítrofes) hace más de 100 años, no ha sido encontrada en el medio natural o sólo se conocen citas casuales o espontáneas o procedentes de antiguas plantaciones (que no se han expandido) | -10 | |
| e | No se sabe* (ver "instrucciones de uso") | 2,5 | |
| 4 | Indicar a qué tipo funcional pertenece la especie | | |
| a | Acuáticas, terófitos (plantas anuales y bianuales), geófito (p.ej., bulbosas, cañas) o hemiptófitos cespitosos (p.ej., gramíneas perennes). | 5 | |
| b | Caméfitos sufruticosos o trepadoras. | 3 | |
| c | Fanerófitos | 0 | x |
| 5 | ¿Altera la frecuencia natural de perturbaciones (p.ej., fija arenas móviles, favorece incendios, modifica caudales, estrecha cauces de ríos...) en las zonas invadidas? | | |
| a | Sí | 3 | |
| b | No | 0 | x |
| c | No se sabe | 1,5 | |
| 6 | ¿La especie puede provocar problemas de salud pública? | Puntuación | Indicar |
| a | Sí | Alerta | x |
| b | No | | |
| c | No se sabe | Alerta | |

| | | | |
|------------------------------|---|-------------------|----------------|
| 7 | ¿La especie puede provocar daños socio-económicos? | | |
| a | Sí | Aleria | x |
| b | No | | |
| c | No se sabe | Aleria | |
| PREGUNTAS SECUNDARIAS | | | |
| 8 | ¿Es una especie potencialmente invasora según modelos de nicho ecológico y cambio climático aplicables a la región de estudio? (la resolución espacial del modelo debe ser al menos de 1 km) | Puntuación | Indicar |
| a | Sí | 3 | x |
| b | No | 0 | |
| c | No se sabe | 1,5 | |
| 9 | ¿Es alelopática? | | |
| a | Sí (para plantas o microorganismos) | 3 | |
| c | No | 0 | x |
| d | No se sabe | 1,5 | |
| 10 | ¿Qué tipo de reproducción tiene? | | |
| a | Sexual (semillas viables)/esporas y vegetativa (bulbos, fragmentos de la planta, rebrote de cepa o raíz) | 3 | |
| b | Es autocompatible o apomíctica (reproducción asexual por semillas) | 2 | |
| c | Sólo sexual/esporas o sólo vegetativa | 1 | x |
| d | La especie es estéril y requiere tratamientos artificiales para su propagación | -3 | |
| e | No se sabe | 1,5 | |
| 11 | ¿Qué periodo necesita para florecer/fructificar/esporular/reproducirse por primera vez? | | |
| a | < 1 año (incluir en este apartado las especies anuales) | 3 | |
| b | Entre 1 y 5 años | 2 | x |
| c | Entre 5 y 10 años | 1 | |
| d | Más de 10 años | -3 | |
| e | No se sabe | 1,5 | |
| 12 | ¿Qué tamaño tienen las semillas/esporas/formas reproductivas vegetativas? En el caso de frutos indehiscentes, indicar el tamaño del fruto o "unidad dispersable" | | |
| a | <3 mm | 5 | |
| b | 3 mm-1 cm | 3 | |
| c | >1 cm | 1 | x |
| d | No se sabe | 2,5 | |
| 13 | ¿Los propágulos (semillas o formas reproductivas vegetativas) durante cuánto tiempo son viables? | | |
| a | Más de 10 años | 5 | |
| b | Entre 5 y 10 años | 3 | |
| c | Entre 2-5 años | 2 | |
| d | Menos de 2 años | 1 | |
| e | No se sabe | 2,5 | x |
| 14 | ¿Tiene dispersión zoócora, anemócora o hidrócora? | | |
| a | Sí | 3 | x |
| b | No | 0 | |
| c | No se sabe | 1,5 | |
| 15 | ¿Tiene otros mecanismos de dispersión no intencionada mediados por actividades humanas (vehículos, contaminación de áridos, elevado tránsito de personas, etc.)? | | |
| a | Sí | 3 | x |
| b | No | 0 | |
| c | No se sabe | 1,5 | |
| 16 | ¿Es una planta fijadora de nitrógeno? | | |
| a | Sí | 3 | |
| b | No | 0 | x |
| c | No se sabe | 1,5 | |

| | | | |
|-----------|---|-------------|---|
| 17 | ¿Es capaz de reducir la llegada de luz al suelo o al bentos de más allá de lo propio del ambiente invadido, porque forme densos tapetes rastreros, acumule gran cantidad de hojas caídas o produzca gran cantidad de sombra? | | |
| a | Sí | 3 | |
| b | No | 0 | x |
| c | No se sabe | 1,5 | |
| 18 | ¿Tiene tendencia a convertirse en la especie dominante o formar poblaciones monoespecíficas? | | |
| a | Sí | 3 | x |
| b | No | 0 | |
| d | No se sabe | 1,5 | |
| 19 | ¿Coloniza, además de medios antropizados o alterados, medios en buen estado de conservación? | | |
| a | Sí. Los hábitats propicios están protegidos, constituyen hábitats de interés comunitario o albergan especies amenazadas | 5 | x |
| b | Sí | 3 | |
| c | No | 0 | |
| d | No se sabe | 1,5 | |
| | Total | 28,5 | |

Conclusiones

El análisis de riesgo practicado demuestra que *C. pallida* presenta un *Riesgo Alto* de invasión en España por lo que existen altas probabilidades de que se comporte como invasora en otros territorios de la geografía española. El siguiente paso sería valorar la idoneidad y prioridad de

invertir recursos para gestionar cada localidad invadida, teniendo en cuenta, entre otros, criterios relacionados con la factibilidad técnica, el coste económico y ambiental, con el mantenimiento de los recursos económicos a largo plazo (necesidad de seguimiento y vigilancia, repasos a rebrotes, etc.) y con el beneficio ecológico derivado de la actuación. Estos aspectos se exploran más adelante.



1 km

7

GESTIÓN DE LAS INVASIONES DE *C. pallida*

Localización de la población de *C. pallida* en Liria (Valencia).

La estrategia adoptada para gestionar las poblaciones de una especie exótica debe estar en consonancia con la etapa en la que se encuentre la invasión. Según Van Wilgen *et al.* (2001) estas etapas pueden definirse como:

- Llegada al nuevo territorio.
- Adaptación y establecimiento.
- Crecimiento exponencial.
- Ocupación total del área disponible.

En la primera y segunda etapas deben ponerse en marcha mecanismos de detección y rápida eliminación de los núcleos poblacionales conocidos. En estos casos, la erradicación de la especie —no se produce re-invasión de las áreas inicialmente colonizadas durante tres años consecutivos desde la intervención de control inicial (Rějmanek & Pitcairn, 2002)— suele tener éxito.

Por el contrario, en la etapa de crecimiento exponencial —en la que poblaciones de gran tamaño comparten el

territorio con otras pequeñas y dispersas— la erradicación de la especie será una meta difícil de alcanzar, por lo que su gestión deberá estar encaminada a contener su expansión para, gradualmente, progresar hacia una eventual erradicación.

En este último caso, los factores que condicionarán el éxito estarán relacionados con:

- Tamaño del área afectada.
- Probabilidad de re-invasión, relacionada a su vez con la biología de la especie y el grado en que sus propágulos puedan detectarse.
- Eficacia de los métodos de control.

Los primeros trabajos para el control de *C. pallida* por parte de la Generalitat Valenciana se iniciaron en la tercera de las etapas indicadas. El trabajo realizado ha permitido establecer una metodología (figura 35) que se resume en la siguiente propuesta de marco de actuación:



Figura 35. Representación esquemática del marco de actuación propuesto para la contención de invasiones de *C. pallida*.

7.1. [A] Trabajos previos

El objetivo en esta fase es recabar información sobre la distribución de la especie en el territorio con vistas a planificar los trabajos para su control, generar las capacidades necesarias para su realización y el compromiso a largo plazo que requiere la consecución de resultados en materia de gestión de especies invasoras. Se recomienda seguir los siguientes pasos:

A.1. Aumentar la capacidad para detectar la especie: establecer una red de detección o de alerta.

Cuando se detecta una población de *C. pallida* en un territorio es probable que ésta tenga ya un tamaño considerable. Además, si se tiene en cuenta su elevada capacidad para dispersarse, la probabilidad de que existan núcleos poblacionales adicionales será muy elevada.

Por esta razón, lo recomendable es organizar un operativo que permita su detección. Para lograr este objetivo conviene implicar en su localización a colectivos que frecuentan el territorio —p.ej. agentes medioambientales o forestales,

personal de vigilancia contra incendios, guardería de áreas protegidas, policía rural o local, guardería fluvial, etc.—.

El funcionamiento de una red de alerta integrada por los colectivos mencionados permite reducir el coste del programa de control y ganar eficacia. Esto se debe a que el coste global de una iniciativa de este tipo viene determinado, según Harris & Timmins (2009), por:

- El área que debe prospectarse para localizar ejemplares o poblaciones.
- El número de infestaciones que deben ser controladas.
- Su tamaño (número de ejemplares).

Puesto que los tres determinantes aumentan con el tiempo de residencia de la especie en el territorio —debido a su dispersión y al crecimiento de sus poblaciones—, si se incrementa el esfuerzo dedicado a su localización se acortará la duración total del programa y se incrementará la probabilidad de éxito.

Para que esta iniciativa funcione se debe proporcionar a los integrantes de la red:

- Formación para reconocer la especie en campo. Esto puede lograrse organizando una presentación y distribuyendo una guía sencilla con los taxones cuya detección es prioritaria entre los asistentes.
- Información periódica sobre el progreso de los trabajos de control de la especie y de cómo sus aportaciones han contribuido al éxito de la iniciativa. De este modo, se incentiva su trabajo de prospección.

Además, debe establecerse un cauce para que la información sobre detección de nuevos núcleos llegue a los gestores. Estos deberán, por su parte, cartografiar sus límites y estimar el número de plantas que las integran por clases de tamaño. Es suficiente el establecimiento de tres clases de tamaño para planificar los trabajos:

plantas > 1 m
 plantas < 1 m - 0,5 m
 plantas < 0,5 m

Además, es recomendable prospectar un área superior a la ocupada por las plantas inicialmente detectadas ya que, como se ha visto en la sección precedente, con frecuencia se detectan ejemplares aislados o núcleos poblacionales satélite como resultado de la dispersión. En el caso de *C. pallida*, esta distancia debe ser al menos de 100 metros alrededor de la última planta detectada (ver figura 34, pág. 37).

A.2. Aumentar la capacidad para combatir la especie.

Debido a las particularidades y a la peligrosidad de la especie se recomienda:

- Formar a las brigadas encargadas de realizar los trabajos, de modo que sean conocedoras del procedimiento para eliminar la planta de modo eficiente —evitando su dispersión adicional— y seguro para el personal implicado. Además, será necesario que se obtengan los carnets de usuario de productos fitosanitarios.
- Adquirir los elementos que componen los equipos de protección individual y el material de trabajo para eliminar la especie con medios manuales y químicos.

Los protocolos que deben seguirse y los materiales necesarios se describen en la sección sobre métodos de control.

A.3. Aumentar el compromiso para combatir la especie.

El manejo de una invasión por *C. pallida* debe tener en cuenta el coste global de la actuación, pero también su

distribución en el tiempo, ya que invariablemente será necesario la realización de repasos durante un periodo prolongado (ver cuadro de texto 1, pág. 50).

Por consiguiente, deben adoptarse las decisiones administrativas que permitan la financiación de los trabajos en años sucesivos, de modo que pueda garantizarse una disponibilidad de recursos durante el periodo necesario para conseguir el objetivo de gestión que se establezca.

7.2. [B] Definición de objetivos y de la estrategia

Con la información obtenida fruto de los trabajos previos resulta posible:

B.1. Definición de objetivos

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) recomienda que, siempre que sea viable, el objetivo de la gestión de especies exóticas invasoras sea su erradicación. No obstante, esto solo es posible en las etapas iniciales de la invasión.

Cuando este no sea el caso, la gestión de las poblaciones de *C. pallida* debería tender a contener su expansión, es decir a mantener la especie dentro de unos límites geográficos. De este modo, se pretende limitar la invasión, y los problemas que esto conlleva, a una porción del territorio. También se contribuye a disminuir las posibilidades de dispersión ulterior de la planta, al reducir:

- La probabilidad de que el público entre en contacto con ella.
- La presión de propágulos.

Además, la contención de la invasión permite ganar tiempo hasta que se desarrollen (o puedan ser de aplicación) métodos de control más efectivos o se disponga de un presupuesto que permita su eliminación en todo el territorio.

Una manera adecuada de proceder en este caso puede ser establecer un objetivo para cada uno de los núcleos poblacionales conocidos de *C. pallida* en función de:

- La probabilidad de éxito. Para ello, deben tenerse en cuenta los factores que facilitan y dificultan las actuaciones. Entre estos se pueden citar los siguientes:
 - Tamaño de la población. En general, cuanto menor es su tamaño, menor habrá sido el tiempo de residencia y el banco de propágulos vegetativos (artejos) que

habrá logrado establecer, lo que se traducirá en una mayor probabilidad de éxito.

- Duración de la actuación. La posibilidad de efectuar repasos de las zonas en las que se ha actuado es esencial para garantizar la erradicación de los núcleos de *C. pallida*. Si no es posible garantizar esto, la probabilidad de éxito será muy baja o nula.

- Aspectos sociales. El compromiso de las autoridades locales con la actuación favorece la consecución de los objetivos y la aceptación de limitaciones —puede ser aconsejable prohibir ciertos aprovechamientos, así como el tránsito de personas o vehículos, la caza o la escalada— que puedan imponerse en la zona ocupada por la especie invasora.

- Las consecuencias de la inacción. Para ello, debe evaluarse cuál sería la evolución de un núcleo poblacional concreto y las consecuencias que esto tendría sobre el objetivo último del programa de gestión. Si el objetivo es contener la invasión, debe tenerse en cuenta que:

- Los núcleos poblacionales pequeños de una planta invasora tienden a expandirse proporcionalmente más rápido que los grandes (Moody & Mack 1988).

- Los núcleos poblacionales aislados juegan un papel crucial en la dinámica de colonización de un territorio en Opuntioideas (Foxcroft *et al.* 2004).

Si se considera la habilidad de *C. pallida* para reproducirse vegetativamente y la precocidad con la que las plantas jóvenes producen artejos con capacidad para generar nuevos individuos y dispersarse, se comprende que la erradicación de los núcleos poblacionales pequeños y dispersos sea crítica para contener una invasión de esta especie.

- El coste de la actuación. Este vendrá determinado por la eficacia del método que haya decidido emplearse para eliminar la especie (manual, mecánico o químico) y por factores como:

- Orografía de la zona. *C. pallida* es capaz de crecer en cualquier lugar (figura 26, pág. 30). Su ubicación en situaciones de orografía compleja reduce el rendimiento de los trabajos de manera importante.

- Normas aplicables en el ámbito de trabajo. La normativa puede impedir el empleo de métodos químicos en lugares sensibles, por lo que deberá recurrirse a

métodos manuales, más costosos desde el punto de vista económico.

Para un análisis de los costes de erradicación y de los componentes del coste puede consultarse la última sección de este manual.

Por consiguiente, el objetivo de las actuaciones debe ser la erradicación de los núcleos poblacionales para los que se determine una probabilidad de éxito elevada, que las consecuencias de la inacción condicionen la consecución del objetivo último del programa de gestión y que se encuentren dentro de los límites del presupuesto disponible, asumiendo siempre la necesidad de llevar a cabo repasos en años sucesivos. Cuando la erradicación no resulte viable, puede optarse por contener la expansión del núcleo poblacional en sí mismo, sometiéndolo a un manejo estratégico, tal y como se explica a continuación.

B.2. Elaboración de una estrategia

Una vez determinados qué núcleos de *C. pallida* pueden eliminarse con los medios disponibles, los recursos y el esfuerzo deberían concentrarse en aquellos que más pueden contribuir a su expansión en el territorio.

Para determinar cuáles son esos núcleos, resulta útil detectar su grado de cohesión estableciendo buffers progresivamente más pequeños en un SIG, tal y como se ilustra en la figura 36.

Por ejemplo, se puede aplicar un buffer inicial que agregue los núcleos poblacionales más próximos. Los recintos no agregados a estas unidades, y dentro de ellos, los de menor tamaño (satélites), deberían ser los primeros en ser eliminados. En este punto también pueden tenerse en cuenta otros criterios a la hora de priorizar las actuaciones, como la situación del núcleo poblacional en el seno de una estructura lineal que puede favorecer una rápida dispersión, la cercanía a núcleos habitados o la presencia en un área natural protegida, etc.

El siguiente paso es establecer un nuevo buffer de radio más pequeño, de forma que de nuevo se detecte, entre los núcleos restantes, los más aislados. De esta forma, el establecimiento de buffers gradualmente más pequeños y la eliminación de los núcleos que vayan quedando desagregados contribuirá a contener la invasión, ya que limitará la presencia de la especie a áreas concretas del territorio.

Los núcleos poblacionales grandes que no resulte posible erradicar pueden ser sometidos a un manejo estratégico,

mediante la adopción de medidas que disminuyan su probabilidad de dispersión, a la espera de que concurren las circunstancias que permitan una eventual intervención. Para ello se recomienda:

- Restringir el tránsito de personas o vehículos por la zona invadida.
- Limitar los aprovechamientos que se realicen en la zona y, especialmente, los relacionados con la ganadería o las actividades cinegéticas.
- Eliminar las plantas aisladas en la periferia del núcleo.

7.3. [C] Implementación de la estrategia

Una vez determinados qué núcleos poblacionales de *C. pallida* es posible erradicar, deberá llevarse un seguimiento de la fecha de las intervenciones y de su localización, al objeto de programar las actuaciones de repaso en años sucesivos. Estas actuaciones son imprescindibles para lograr la completa erradicación de un núcleo poblacional de esta especie, sea cual sea su tamaño.

Por otra parte, es conveniente evaluar el rendimiento y la eficacia de los métodos de control. De este modo, resul-

tará posible valorar si es necesario introducir modificaciones o cambiar de método (manejo adaptativo). Con este fin, se sugiere llevar un registro de los aspectos que se enumeran a continuación para cada uno de los núcleos poblacionales en los que se intervenga.

Si se emplea el **método manual**:

- Fecha de la actuación.
- Número de jornales empleados.
- Biomasa extraída.
- Medios empleados en la extracción.
- Estimación del número de plantas (ejemplares) extraídas por clases de tamaño (<0,5 m; 0,5-1 m; >1 m).
- Indicar si se trata de una primera actuación o una intervención posterior, de repaso. Si se trata de un repaso indicar de qué repaso se trata (1º, 2º, ...).

Si se emplea el **método químico**:

- Número de plantas fumigadas.
- Producto, concentración y mezcla empleada (incluir también los coadyuvantes, si se han incorporado a la mezcla de fumigación).

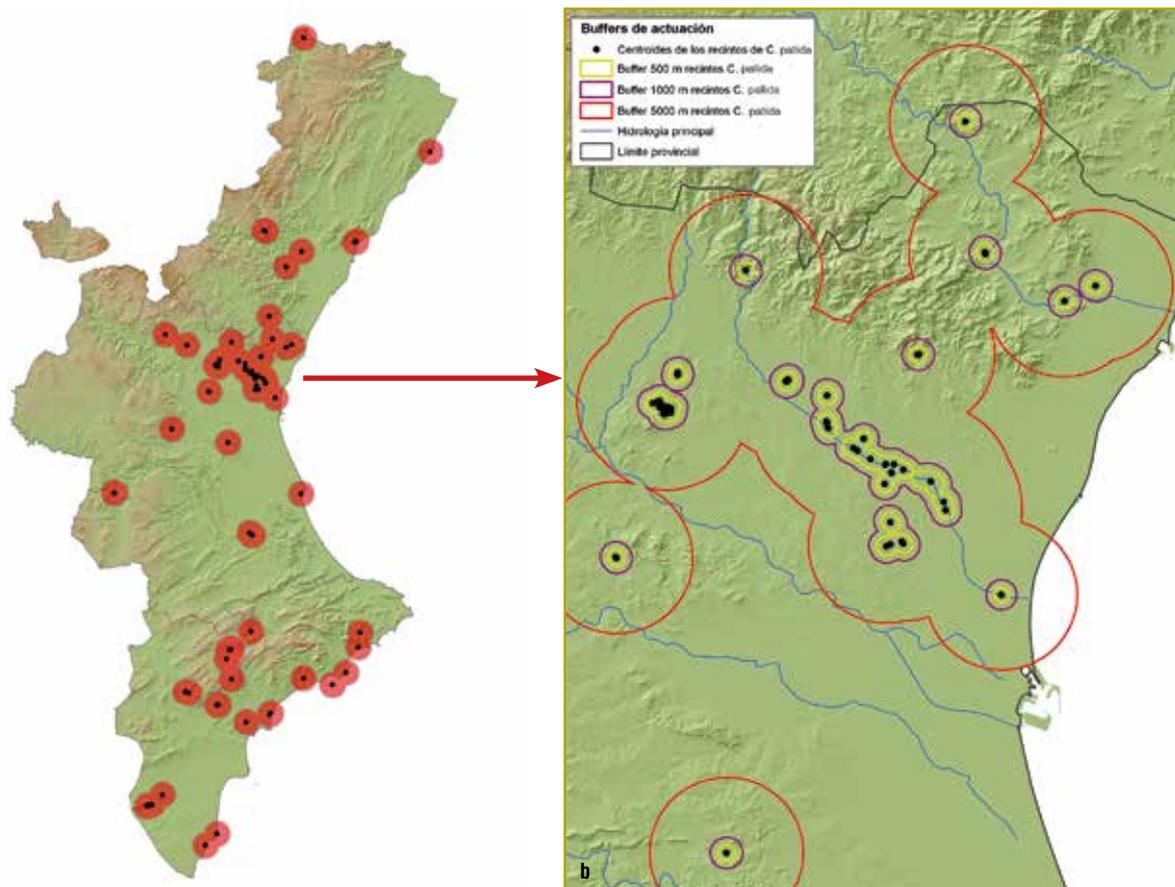


Figura 36. (a) Buffers generados con una distancia de 5.000 metros de radio respecto a los recintos que contienen *C. pallida*. (b) Detalle ampliado del territorio que alberga una mayor agrupación de recintos, sobre el que se han añadido los buffers de 1.000 (violeta) y 500 metros (amarillo). El método permite detectar aquellas poblaciones más aisladas cuya erradicación es prioritaria.

Indicar si se trata de una primera actuación o de una intervención posterior. Si se trata de un repaso, indicar el número de orden.

Se recomienda realizar fotos de ejemplares marcados para evaluar el efecto del tratamiento químico y anotar para cada ejemplar si se observan rebrotes.

Cuadro 1: La invasión por *C. pallida* en la Comunitat Valenciana. Situación tras cinco años de actuaciones de control.

Marco legislativo

C. pallida fue inicialmente incluida en la primera norma que regulaba el uso de plantas invasoras en la Comunitat Valenciana, la *ORDEN de 10 de septiembre de 2007 de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda por la que se aprueban medidas para el control de las especies vegetales*. En el momento de su publicación se conocían cuatro núcleos poblacionales, siendo dos de ellos de gran tamaño (con recintos cuya superficie excedía 10 hectáreas) e integrados por decenas de miles de cactus.

La contribución de la red de alerta

La red de alerta, que empezó a funcionar en 2008 en virtud del artículo 3 de la mencionada Orden, contribuyó a localizar una gran cantidad de nuevos núcleos, tal y como puede verse en la figura 37, y cambió la

percepción que se tenía sobre la capacidad invasora de esta especie y el grado de ocupación del territorio. Es importante destacar que, muchos de los núcleos detectados, correspondían a pequeñas poblaciones de difícil detección pero fácil contención, lo que ha contribuido al control de la invasión del territorio por esta especie.

Control de núcleos incipientes frente a poblaciones consolidadas

A la vista del potencial invasor de la especie, se adoptó la decisión de contener su expansión en el territorio. Para ello se optó por eliminar los núcleos dispersos de pequeña superficie y bajo número de ejemplares (aquellos con superficies <1 hectárea y un número de cactus <500). Este tipo de recintos era el más abundante de los localizados en el territorio valenciano, tal y como puede verse en la figura 38.

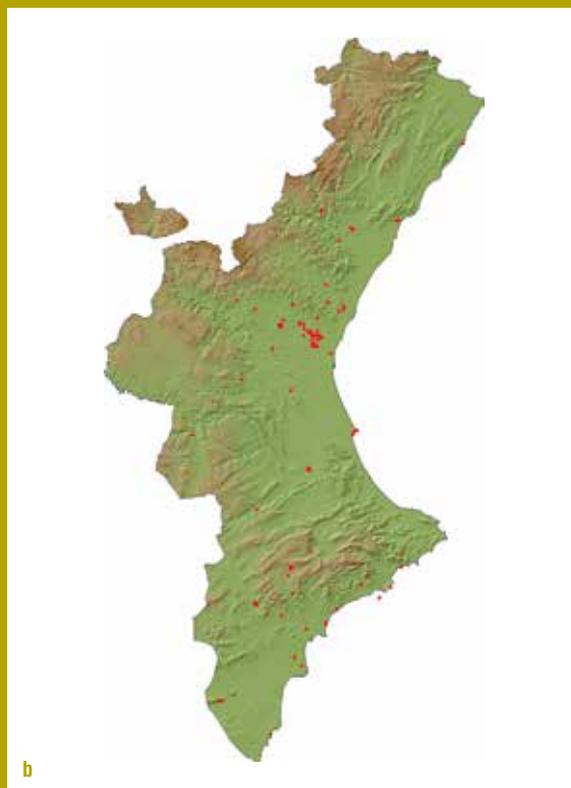
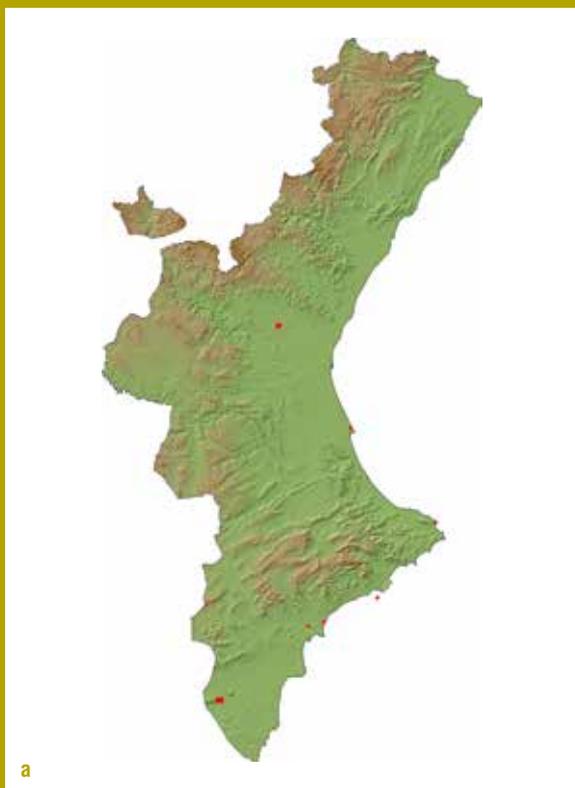


Figura 37. Contribución de la red de alerta a la detección de poblaciones dispersas de *C. pallida* en la Comunitat Valenciana. (a) Poblaciones de la especie inicialmente conocidas (hasta 2007); (b) Situación resultante tras 5 años de funcionamiento de la red de alerta (2014).

Los trabajos de eliminación de los núcleos indicados fueron encomendados a 6 brigadas de 4 operarios que realizan trabajos de conservación de la biodiversidad de índole diversa en la Comunitat Valenciana. El hecho de no necesitar redactar proyectos específicos para la eliminación de cada uno de los núcleos que iban siendo descubiertos por la red de alerta dotó al proceso de gran agilidad. Esto permitió reducir la carga administrativa asociada a la redacción y tramitación de proyectos de actuación específicos para cada núcleo poblacional localizado.

Fruto de estos trabajos, durante el periodo 2009-2013 se han eliminado 74 recintos, muy dispersos territorialmente, de los 176 que se han cartografiado, para lo cual se han empleado 864 jornadas de trabajo. Esto supone que se requiere una media de 11,67 jornadas de trabajo (aprox. 2.000 €) por recinto. Dicho de otra manera: la expansión de *C. pallida* en territorio valenciano se ha contenido con un coste relativamente bajo, situado en torno a los 145.000 €. Debe tenerse en cuenta que, el 57% de los recintos con *C. pallida* están o estaban concentrados en 3 grandes núcleos en las localidades de Bétera, Llíria y Orihuela (ver figura 40, flechas rojas).

Lo indicado en el párrafo anterior contrasta marcadamente con el esfuerzo y el presupuesto invertido para la eliminación del núcleo poblacional de la Sierra de Orihuela en la provincia de Alicante, uno de los tres más grandes de la Comunitat Valenciana. En esta localidad, la evidencia anecdótica sugiere que la especie ha estado presente unos 40 años. Durante este período de tiempo ha ocupado 8,5 hectáreas con diversos grados de densidad, como resultado de

una dispersión exo-zoócora mediada por rebaños de cabras domésticas. En total de esta localidad se han extraído manualmente 214 toneladas, en 5.808 jornadas de trabajo. Por lo tanto, el rendimiento medio ha sido de 36,8 kg/día, muy condicionado por la compleja orografía de la sierra (figura 39). Los trabajos mencionados han sido cofinanciados por el fondo europeo agrícola de desarrollo rural (FEADER) y se han prolongado durante 3,5 años en los que ha trabajado una brigada integrada por 8 operarios, con un coste de 945.000 €. Se trata de la mayor actuación de eliminación de una planta invasora gestionada por la Generalitat Valenciana.

Colaboración entre administraciones

Por otra parte, la eliminación de un segundo núcleo poblacional de gran tamaño, integrado por 20 recintos que afectaban a una superficie de 22 hectáreas fue posible gracias al concurso de tres administraciones: la Confederación Hidrográfica del Júcar, el Ministerio de Defensa (figura 44) y la propia Generalitat Valenciana. En este caso, la orografía del terreno permitió el empleo de maquinaria para eliminar las plantas. Esta posibilidad permitió incrementar el rendimiento pero dificultó la estimación de la cantidad de cactus extraída, pues los residuos contenían materiales inertes en cantidades variables junto a las plantas exóticas. En cualquier caso, el éxito de la iniciativa solo fue posible gracias a la acción coordinada de las administraciones citadas con un objetivo común.

En el momento de redacción de este manual no han sido sometidos a trabajos de eliminación 3 núcleos de pequeño tamaño y uno de los grandes núcleos, loca-

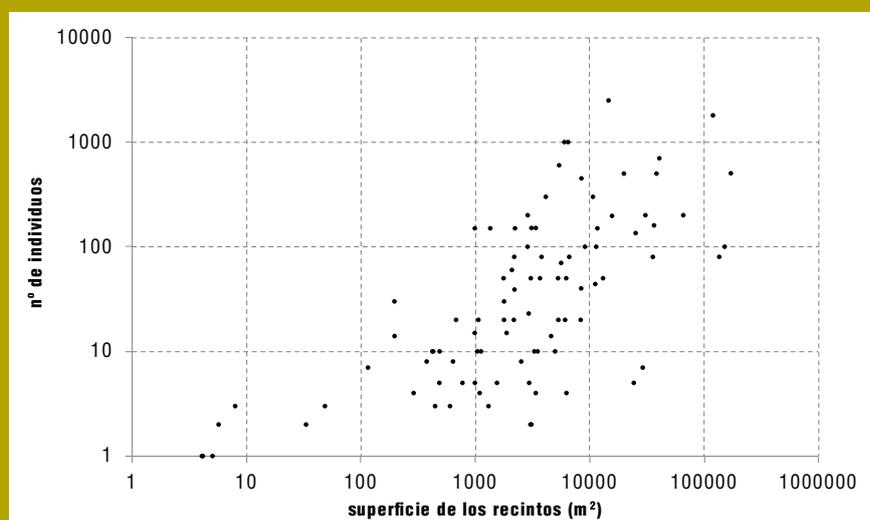
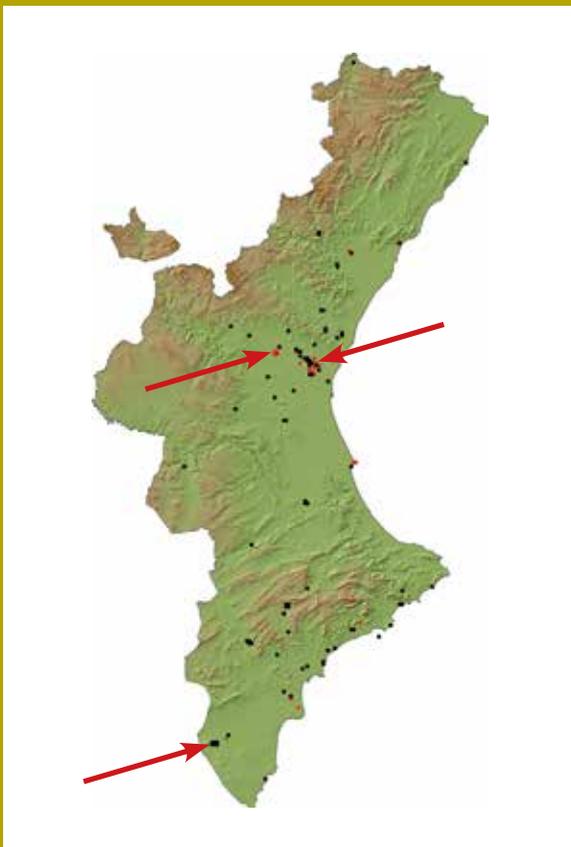


Figura 38. Relación entre la superficie ocupada por los recintos y el número de ejemplares de *C. pallida* que contienen el 78% de los recintos para los que se disponía de información relativa a su superficie y al tamaño de la población de la especie invasora es inferior a 1 hectárea y contiene un número de ejemplares inferior a 100.



Figura 39. Eliminación de *C. pallida* en la Sierra de Orihuela. (a) Aspecto de las fuertes pendientes de la sierra donde crecía la especie; (b) y (c) Extracción manual de la planta en distintas localizaciones; (d) Evacuación de los residuos vegetales mediante un complejo sistema de tirolinas que permitían el transporte rápido desde las partes altas de la sierra hasta los lugares de acopio, para optimizar el rendimiento de los trabajos. Imágenes: Vicente Deltoro.



lizado en Llíria, con 44 recintos que ocupan 12 hectáreas (figura 40a).

El análisis de unos sencillos indicadores pone de manifiesto cómo el esfuerzo invertido en la contención de la invasión disminuye año a año, al tiempo que aumenta el número de núcleos sobre los que se interviene (figura 40b). Habida cuenta que el esfuerzo de prospección se asume constante por parte de la red de alerta, las tendencias observadas son atribuibles a tres motivos:

- El número de jornadas invertidas por año incorpora tanto las destinadas a la eliminación de nuevos núcleos como al repaso de núcleos sobre los que se ha actuado en anualidades precedentes. Puesto que los repastos requieren un esfuerzo mucho menor que la actuación inicial de eliminación es posible actuar sobre muchos más núcleos cada año.

Figura 40a. Distribución de los núcleos poblacionales de *C. pallida* erradicados (puntos negros) y por erradicar (rojos) en la Comunitat Valenciana. Las flechas rojas indican los grandes núcleos poblacionales de la especie.

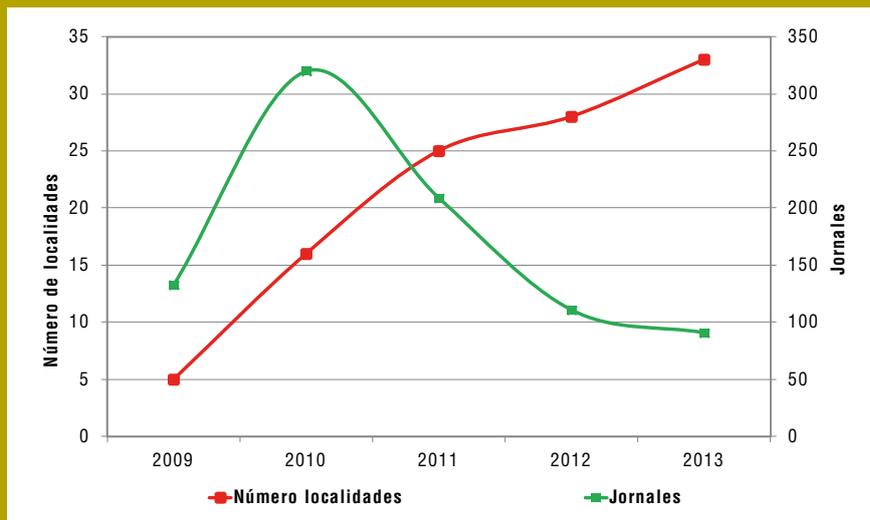


Figura 40b. Evolución del esfuerzo (medido en número de jornales, línea verde) dedicado al control de núcleos dispersos de *C. pallida* y del número de núcleos sobre los que se trabaja (línea roja) por anualidad.

- El empleo preferente de métodos químicos frente a manuales permite realizar más tratamientos de control en menos tiempo y, por consiguiente, trabajar sobre más núcleos cada año.
- Conforme se avanza en la prospección del territorio por parte de la red de alerta, las poblaciones que se descubren son gradualmente de menor tamaño y requieren menos esfuerzo para ser eliminadas.

En resumen, tras 5 años de trabajos de gestión y un número de jornales invertido cercano a los 6.700 (5.808 dedicados a la eliminación de un gran núcleo poblacional) se observa un claro avance hacia la contención de la invasión por *C. pallida* en territorio valenciano. No obstante, es previsible que los trabajos de control se prolonguen en el tiempo debido a la longevidad de los propágulos vegetativos de la especie y su carácter críptico. Incluso así, cada vez se requerirá menor esfuerzo para contener la expansión de esta especie al tiempo que aumentará el número de núcleos que podrán ir considerándose definitivamente erradicados.



8



Extracción manual de *C. pallida* en la Sierra de Orihuela (Alicante).

MÉTODOS DE CONTROL DE *C. pallida*

C. pallida puede ser eliminada empleando métodos manuales, mecánicos o mediante la aplicación de herbicidas o el empleo de organismos de control biológico. En esta sección, en la que se analizan las precauciones que deben observarse en la realización de los trabajos de eliminación, se describen con detalle los protocolos para los diferentes métodos y se evalúa cuál es su rendimiento y coste económico.

8.1. Prevención de la dispersión de la especie durante la realización de los trabajos

- Si resulta posible, debe limitarse el tránsito de personas, vehículos y ganado por la zona afectada mientras duren los trabajos, ya que pueden desplazar la planta desde las zonas en que no haya sido eliminada o donde ya lo ha sido.
- Antes de desplazarse a una nueva localidad, el personal implicado en los trabajos debe:
 - Inspeccionar herramientas y vehículos empleados, para comprobar que no llevan adheridos segmentos de la planta.

- Revisarse unos a otros ropa y calzado, ya que es habitual transportar fragmentos enganchados de manera inadvertida.

8.2. Seguridad de los trabajadores: equipos de protección individual (EPI)

C. pallida es una planta peligrosa debido a su carácter espinoso y a la naturaleza de sus espinas, que provocan dolorosas punciones con tendencia a infectarse. Esto es debido a la permanencia en la herida de fragmentos de las vainas papiráceas que recubren las espinas.

En el caso de eliminar la planta manualmente, se deberá dotar a los trabajadores de un EPI consistente en:

- Guantes de cuero grueso.
- Gafas de protección con protectores laterales.
- Botas de montaña.
- Pantalones de cordura.
- Casco, recomendable en caso de que los trabajos se desarrollen en zonas pedregosas de fuerte pendiente, que puede incorporar una visera (figuras 41 y 43).



Figura 41. Equipo necesario para la erradicación manual de *C. pallida*. (a) EPI integrado por guantes de cuero grueso, gafas de protección integral y botas de montaña. (b) Herramientas empleadas en la erradicación manual: horquetas, serruchos con mango telescópico, rastrillos, picos y pinzas. Los recipientes que se emplean para el transporte de los residuos deben ser metálicos o de fibra de vidrio y poliéster con tapa. Imágenes: Brigadas de Biodiversidad.

Además, en el caso de que las plantas se sitúen en terraplenes o paredes verticales será necesario emplear un equipo consistente en:

- Casco homologado de escalada y visera de protección.
- Arnés pelviano de seguridad para trabajos verticales.
- Arnés de pecho.
- Stop auto-bloqueante.
- Descensor u ocho.
- Puños de progresión o yumar.
- Mosquetones de seguridad.
- Pitones de anclaje a roca.

- Cintas con mosquetones.

Por último, en el caso de emplear métodos químicos para erradicar la especie, se deberá dotar a los trabajadores de un EPI consistente en:

- Guantes de protección química.
- Gafas de protección integral.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla con filtros intercambiables.
- Mono integral de protección química.

tal y como puede verse en la figura 42.

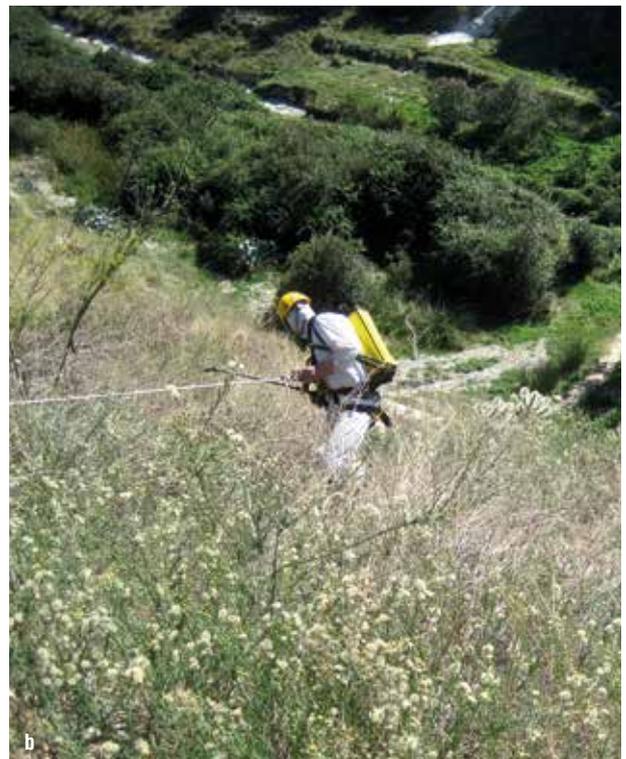


Figura 42. (a) EPI necesario para realizar el tratamiento químico de *C. pallida*. (b) La fumigación de ejemplares de *C. pallida* que crecen en terraplenes requiere un equipamiento de protección química y el empleo del material indicado para trabajos verticales. Imágenes: Brigadas de Biodiversidad.

8.3. Protocolo para la eliminación manual

Se recomienda eliminar inicialmente los ejemplares aislados, dispersos y de menor tamaño y continuar con los de mayor tamaño y grado de agregación.

Asimismo, se sugiere empezar y acabar la eliminación del ejemplar de principio a fin, antes de pasar a otro.

El protocolo sugerido sigue los pasos siguientes (figura 43):

- Realizar un desbroce alrededor de la planta que se pretende eliminar.
- Cortar la parte aérea de la planta y dejar el tocón. Emplear para los cortes sierras telescópicas.
- Recoger los restos con horquetas o pequeños rastrillos y transferirlos a recipientes, preferentemente de fibra de vidrio y resina de poliéster, metal o plástico

duro. Si se emplean recipientes de plástico blando las espigas de *C. pallida* se clavan en ellos y resulta muy costoso vaciarlos.

- Una vez eliminada la parte aérea, rastrear la zona con objeto de retirar cualquier artejo que haya podido quedar olvidado. Para esto resultan útiles pinzas para barbacoa o, mejor, para hielo.
- Destoconar la cepa con una picola. El cuello de la raíz puede regenerar la planta y debe ser extraído, no así el resto del sistema radicular.
- El transporte de los restos de la planta hasta las zonas de acopio debe realizarse, idealmente, en recipientes cerrados y, por lo tanto, dotados de una tapa. Igualmente, el contenedor que acumule los restos debe disponer de una cubierta que permita su cierre durante los periodos de tiempo en que no se utilice, así como durante su transporte.



Figura 43. Procedimiento para la erradicación manual de *C. pallida*. (a) Eliminación de la parte aérea. (b) Limpieza metódica de los restos de planta que puedan haberse desprendido en la operación anterior. (c) y (d) Extracción del cuello de la raíz (no es necesario extraer el sistema radicular). (e) Contenedor con tapa que permite el almacenaje y transporte seguro de los residuos hasta un gestor autorizado. Imágenes: Vicente Deltoro.

8.4. Protocolo para la eliminación mecánica

El recurso a maquinaria para la eliminación de poblaciones de *C. pallida* debe limitarse a terrenos llanos de poca pedregosidad. Debe asumirse que, si bien el rendimiento de los trabajos aumenta de manera muy importante, este tipo de intervención suele dar como resultado una mayor fragmentación de las plantas, por lo que será necesario prospectar cuidadosamente la zona para retirar los segmentos que se hayan desprendido.

Para minimizar el riesgo de fragmentación de las plantas, idealmente debe emplearse una maquinaria con un cazo de tamaño suficiente para cargar enteras las plantas más grandes del recinto en el que se trabaje. Para ello, el cazo debe situarse a ras de suelo, tal y como puede verse en la figura 44a. De este modo, el avance lento de la máquina desenraiza la planta al tiempo que la carga. Los operarios pueden empujarla al interior del cazo ayudándose de horquetas y rastrillos (figura 44b).

Es importante realizar los trabajos de modo que las ruedas de las máquinas no circulen por encima de los cactus. Si no se adopta esta precaución, sus espinas se clavarán fuertemente en las ruedas, las cuales quedarán

recubiertas de segmentos y resultará muy costoso limpiarlas (figura 44c).

Independientemente de las precauciones adoptadas, es necesario que las máquinas sean revisadas para evitar que los fragmentos de la planta adheridos a sus ruedas u otras partes puedan ser dispersados a otros lugares.

8.5. Protocolo para la eliminación mediante el empleo de herbicidas

La aplicación de productos fitosanitarios requiere observar las indicaciones recogidas en la siguiente publicación:

Buenas Prácticas Agrícolas en la Aplicación de Fitosanitarios (MARM 2008) descargable gratuitamente en la siguiente dirección:

http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Buenas-practicas-fitosanitarios_tcm7-330044.pdf

Este documento contiene detalles sobre el equipamiento necesario y sobre las condiciones de almacenaje y manejo de productos fitosanitarios y deberá ser consultado antes del inicio de las actuaciones.



Figura 44. (a, b) Eliminación de *C. pallida* mediante el empleo de distintos medios mecánicos por parte de la Unidad Militar de Emergencias en Bétera (Valencia). (c) Ruedas de un tractor completamente recubiertas de segmentos de *C. pallida* tras haber circulado por encima de sus restos durante su manejo en una zona de acopio. (d) Acopio de restos en el Barranco del Carraixet. Imágenes: (a, b y c) Vicente Deltoro; (d) TRAGSA.

En cualquier caso, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La aplicación del herbicida requiere el empleo de un equipo de protección química integrado por los componentes que se muestran en la figura 42.
- Se debe disponer de un almacén o zona específica para el almacenaje de los productos químicos y de los materiales que se precisan.
- No debe utilizarse el mismo lugar de almacenamiento para los productos químicos y para los equipos de protección personal.
- El área sometida a tratamiento debe balizarse y disponer de señalización indicativa del producto empleado en el tratamiento y del periodo de seguridad (figura 45a, b).

Cuadro 2: Marco legal para el empleo de herbicidas para la erradicación de vegetales en medio terrestre.

La normativa de aplicación y uso de estos productos está regulada por:

- a) Reglamento (CE) 1107/2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios en la UE.
- b) Directiva 2009/128/CE por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas.
- c) Real Decreto 1702/2011, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios.
- d) Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.

De acuerdo con las normas europeas y nacionales en la materia, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente dispone de un “**Registro de Productos Fitosanitarios**” con información sobre los productos fitosanitarios autorizados en España, sustancias activas homologadas para su fabricación, instrucciones para el registro de productos fitosanitarios, límites máximos de residuos en productos vegetales y documentos sobre el reconocimiento oficial de ensa-

ños. Este registro es de acceso público en internet en la siguiente dirección: <http://www.magrama.gob.es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

Antes de la utilización de un herbicida determinado para el control de *C. pallida*, el gestor debe comprobar que su uso con ese fin y en el medio en el que se prevé la actuación se encuentra autorizado. Esta información, así como los condicionamientos preventivos de riesgo y las dosis permitidas, entre otras, se encuentra disponible en las fichas de cada producto, descargables en el mencionado registro.

La Directiva 2009/128/CE recomienda evitar el uso de estos productos en zonas muy sensibles, como son los espacios Natura 2000 protegidos en virtud de las Directivas 79/409/CEE y 92/43/CEE.

Por último, es necesario recordar que las aplicaciones de fitosanitarios requieren que el operario esté en posesión del “Carnet Usuario Profesional de Productos Fitosanitarios”, según establece el Real Decreto 1311/2012. La obtención del citado carnet está regulado por el anexo II, IV y V del Real Decreto 1311/2012 que homologa el documento, las materias de formación y las titulaciones habilitantes para su obtención.



Figura 45. Delimitación de la zona de aplicación de plaguicidas y colocación de cartel informativo del tipo de tratamiento y del periodo de seguridad. Imágenes: Brigadas de Biodiversidad.

Por otra parte, en el caso de *C. pallida*, los siguientes aspectos condicionan la eficacia de los tratamientos:

la planta es capaz de rebrotar vigorosamente, tal y como puede verse en la figura 46.

8.5.1. Formulación

Se recomienda emplear formulados a base de Triclopir. Las fumigaciones experimentales realizadas con productos a base de Glifosato no provocan la muerte de los ejemplares tratados, sino una afección más o menos intensa dependiendo de la dosis. Transcurrido un periodo de tiempo variable, en función de la gravedad de la afección,

8.5.2. Mezcla de fumigación

Las formulaciones empleadas en Australia o Sudáfrica, eficaces para el control de *C. pallida*, no se encuentran disponibles en España. No obstante, es posible emplear una formulación diferente, como por ejemplo Garlon GS, que contiene una mezcla de Triclopir y Fluroxipir al 9 y 3%, respectivamente.



Figura 46. Rebrote vigoroso de una planta de *C. pallida* al año de haber sido fumigada con un herbicida a base de Glifosato a una dosis del 6%. Nótese que la fumigación produjo la muerte de la mayor parte de segmentos externos de la planta, que pueden verse como tallos marrones caídos. No obstante, no provocó la muerte de los tallos centrales gruesos, a partir de los cuales la planta es capaz de rebrotar. Imagen: Vicente Deltoro.

Sin embargo, en las experiencias realizadas en la Comunitat Valenciana, el empleo de Garlon GS diluido al 1% —dosis legal— en agua con aceite mineral al 0,5% —cuya función es actuar como adyuvante— se muestra poco eficaz.

Por el contrario, cuando la dosis de Garlon GS se incrementa al 2% los daños que sufre la planta son muy importantes, y una única aplicación es suficiente para provocar la muerte de ejemplares medianos (<0,5 m altura) y pequeños.

Para lograr este efecto sin superar la dosis legal, se recomienda fumigar a las plantas dos veces, dejando transcurrir



Figura 47. Secuencia de imágenes que ilustra la utilidad del empleo del tinte Bluemark en los tratamientos químicos. Imágenes: Brigadas de Biodiversidad.

un intervalo de tiempo entre aplicaciones suficiente para su secado. En cualquier caso, no debe superarse la dosis por hectárea para el formulado que se emplee, que en el caso de Garlón GS es de 6 l/ha para especies semileñosas.

8.5.3. Cobertura

La fumigación debe afectar a todas las partes de la planta para que el tratamiento químico sea efectivo, ya que la traslocación de los productos activos entre artejos es débil.

Para evitar dejar partes de la planta —o plantas enteras en núcleos poblacionales grandes— sin fumigar se recomienda la adición del colorante Bluemark al caldo de fumigación (figura 47). De este modo, se disminuirá el número de repastos necesarios para la erradicación total y se acortará la duración total del tratamiento.

Como se ha indicado anteriormente, se recomiendan dos aplicaciones secuenciales de herbicida. Por ello, se debe añadir inicialmente una pequeña cantidad del colorante Bluemark hasta obtener un caldo de color azul claro. En la segunda fumigación, se recomienda intensificar el color azul de la mezcla, añadiendo una mayor cantidad de Bluemark, de modo que sea posible diferenciar qué zonas de la planta han recibido la segunda aplicación.

8.5.4. Estado fisiológico de la planta

Los herbicidas siempre son menos eficaces cuando las plantas están estresadas o muestran baja actividad fisiológica. Por lo tanto, el momento idóneo para aplicar el herbicida sobre *C. pallida*, es durante la época de crecimiento activo —momento en el que coinciden brotes tiernos poco espinosos y flores— que en España tiene lugar durante junio y julio.

8.5.5. Frecuencia de los tratamientos

La eficacia del tratamiento con herbicida está condicionada, entre otras cosas, por el tamaño de la planta. En este sentido, cuanto mayor es la planta, mayor es la probabilidad de que se produzcan rebrotes.

Además, debe tenerse en cuenta que los efectos del herbicida sobre *C. pallida* pueden tardar meses en manifestarse. Por ello es preferible dejar transcurrir un año antes de realizar una nueva aplicación. En general, las plantas de tamaño medio (<0,5 m) mueren tras dos aplicaciones.

Se recomienda llevar a cabo repastos con periodicidad anual hasta que dejen de observarse rebrotes (figura 48).



Figura 48. (a) Efecto de una aplicación del herbicida Garlon GS sobre un ejemplar de gran tamaño de *C. pallida*; (b) El rebrote a partir de ejemplares severamente dañados por una aplicación de herbicida es muy frecuente. Imágenes: (a) Raúl Serrano y (b) Vicente Deltoro.

8.6. Métodos de control biológico.

Como alternativa a los métodos indicados anteriormente, o en combinación con ellos, el control de diferentes especies *Cylindropuntia* puede acometerse mediante el empleo de organismos de control biológico exóticos. Por ejemplo, Sudáfrica y Australia emplean desde principios del siglo XX insectos cactófagos —que se alimentan de la savia— del género *Dactylopius*, originarios de México y países vecinos. Se trata de cochinillas algodonosas que muestran una gran especificidad por su huésped (Mathenge *et al.* 2010). Esto supone que únicamente pueden sobrevivir sobre una especie o un número muy limitado de especies relacionadas —cactáceas en todo caso—, por lo que su uso supone un riesgo muy bajo de impactos no deseados

para para la flora autóctona en aquellos países en donde no existen representantes nativos de esa familia (Pemberton, 2000).

El ataque de las cochinillas del género *Dactylopius* resulta muy dañino para los cactus que parasitan —únicamente especies de los géneros *Opuntia* y *Cylindropuntia*—, y esto les ha convertido en organismos de control biológico muy utilizados contra estas especies (Tyron, 1910; Lonsbury, 1915; Moran y Zimmerman, 1984). Estos insectos dañan a la planta porque absorben su savia y porque, supuestamente, transmiten a la planta bacterias o patógenos que le resultan tan dañinos como la propia acción del insecto. En climas secos y cálidos, las cochinillas pueden reproducirse y dispersarse con rapidez, llegando a



Figura 49. Impacto de *Dactylopius tomentosus* sobre *Cylindropuntia fulgida* en Australia. Imagen: QDAFF.

provocar una importante disminución en la densidad de las poblaciones de sus plantas huésped, así como de su velocidad de dispersión (Annecke y Moran, 1978; Zimmermann y Moran 1991).

El control biológico tiene unos costes asociados con los ensayos de especificidad y de eficacia que deben superar los organismos empleados antes de ser introducidos en el medio natural. Además, su empleo requiere la obtención de una autorización emitida por la autoridad ambiental competente, tal y como establece la *Ley 43/2002 de Sanidad Vegetal* en su artículo 44. No obstante, a pesar de los costes y las dificultades asociados con este método, se ha calculado que el ratio beneficio:coste puede llegar a ser muy favorable (Page y Lacey, 2006).

Por otro lado, la experiencia obtenida en el control de invasiones por *Cylindropuntia* demuestra que su erradicación únicamente resulta posible en el caso de pequeñas infestaciones, habida cuenta de la elevada capacidad de estas plantas para re-invadir los sitios colonizados inicialmente en virtud de la longevidad de sus propágulos y de su carácter inconspicuo. Por estas razones, el control biológico puede ser considerado como una herramienta muy adecuada para la gestión de las invasiones por es-

tas cactáceas, debido a su carácter permanente una vez los organismos se establecen en el nuevo territorio, especialmente si se persigue lograr un control prolongado en el tiempo.

8.7. Duración de las actuaciones de eliminación

Una vez realizada la primera intervención, en la que las plantas se eliminan manual o mecánicamente o bien se fumigan con herbicida, los trabajos deberán continuar en años posteriores en esa localidad si se pretende lograr la erradicación de la especie.

La duración de las actuaciones estará condicionada por el tamaño del banco de artejos existente en el suelo. A su vez, éste dependerá del tiempo de residencia de la especie en el lugar de la actuación y de la frecuentación por animales o personas, cuyo trasiego alrededor de las plantas provoca el desprendimiento de segmentos.

Para acortar la duración total de la actuación, se recomienda prospectar con detalle el sustrato alrededor de las plantas madre, marcar y fumigar los artejos enraizados (figura 50) o bien retirarlos con la ayuda de pinzas de hielo.



Figura 50. La prospección detallada de las localidades donde crece *C. pallida* permite la localización de pequeñas plantas o artejos enraizados. Su señalización facilita su rápida eliminación con herbicida. También se pueden eliminar manualmente con ayuda de pinzas para hielo. Imagen: Brigadas de Biodiversidad.

Las actuaciones de repaso deben llevarse a cabo transcurridos:

- Tres años de la primera intervención, en el caso de eliminación manual. Si se realizan antes las plantas serán demasiado pequeñas para poder ser detectadas con facilidad. Si se realizan después, su tamaño será demasiado grande para poder ser eliminadas con rapidez.
- Anualmente en el caso de aplicación de herbicida, ya que será necesario volver a fumigar las plantas que hayan rebrotado.

8.8. Gestión de los restos vegetales de *C. pallida*

Los restos vegetales que se generan durante la eliminación de *C. pallida* pueden dar lugar a nuevas plantas. Por ello, no pueden abandonarse en el medio natural y deben gestionarse empleando una de las opciones que se ofrecen a continuación:

- i) Transporte a un centro gestor autorizado, con el pago de un canon de vertido.
- ii) Trituración. Puede emplearse un tractor equipado con un apero de martillos. En las pruebas realizadas este método logró una inertización completa del residuo, sin que se observase ningún rebrote en años posteriores.
- iii) Incineración. Resulta más fácil si se permite que los restos del cactus pierdan agua. En cualquier caso, es necesario aportar combustible adicional ya que, incluso secos, son poco inflamables.
- iv) Enterramiento. Es suficiente enterrar los restos a 1 metro de profundidad.
- v) En el caso de plantas fumigadas, los ejemplares se dejan "in situ" una vez rociados con el herbicida, excepto en aquellos casos en los que pueden interferir con el tránsito de personas o fauna doméstica, en cuyo caso deben ser retirados.



Figura 51. Trituración de los restos de *C. pallida* con un tractor de cadenas dotado de apero de martillos. Los restos se disponen en un montón de anchura inferior al apero y altura no superior a los 70 cm. (a) Tractor de cadenas con apero de martillos. (b) Trituración en proceso. (c) Resultado obtenido tras tres pasadas con el tractor, consistente en una masa fibrosa y con alto contenido en agua, que seca a los pocos días. Imágenes: Vicente Deltoro.

8.9. Análisis de costes

8.9.1. Eliminación manual de *C. pallida*

Para calcular el coste de la eliminación manual se han evaluado 53 actuaciones de fácil accesibilidad para las cuales se conocía el número de jornales invertidos en extraer un volumen determinado de *C. pallida*.

Este análisis revela que es necesario 1 jornada de trabajo para extraer 0,89 m³ de *C. pallida*.

El coste de un jornal es de 170 €. Se incluye aquí el coste prorrateado de los vehículos en alquiler y de los materiales necesarios para llevar a cabo los trabajos.

Esto significa que la extracción manual de 1 m³ de esta especie invasora cuesta alrededor de 191 €.

A esto hay que añadir el coste de alquiler de los contenedores. Cada m³ de contenedor alquilado cuesta 37,5 € e incluye el transporte hasta la zona, su recogida y la gestión del residuo generado (canon de vertido).

8.9.2. Eliminación mediante fumigación con herbicida

Se necesita un volumen aproximado de 1,45 litros de caldo de fumigación para fumigar completamente una planta grande de aproximadamente 1 m³. El tiempo requerido representa alrededor de 2 minutos.

Esto supone que la fumigación 1 m³ requiere:

- 14,5 ml de Garlon GS (0,56 € por m³).
- 7 ml aceite mineral de verano (0,02 €).
- Tinte Bluemark (0,01).

Total m³ fumigado: 0,59 €

Precio Garlon GS: 39 €/l.

Precio aceite mineral de verano: 3,15 €/l.

Precio colorante Bluemark: 27,72 €/l.

Si imaginamos un caso práctico en el que se tratara una zona con 15 m³ de *C. pallida* y asumimos que se requiere media jornada de trabajo para el tratamiento químico, los resultados serían los siguientes:

Químico: (15 m³ x 0,59 €) x 2 + (0,5 x 170 € jornal) x 2 = 187 €.

Manual: (15 m³ x 191 €) + (15 m³ x 37,5) = 3.427,5 €.

En este punto es necesario indicar que el rendimiento de los trabajos de eliminación manual de *C. pallida* es muy variable, lo que inevitablemente se traduce en un coste también variable. Los factores de los que depende el rendimiento son:

- Densidad del núcleo poblacional. Con elevada densidad de plantas el rendimiento de los trabajos es hasta un 80% mayor que en lugares en los que las plantas son pequeñas y se encuentran dispersas.
- La accesibilidad y la orografía. El trabajo en lugares de orografía compleja y difícil acceso al tajo reducen el rendimiento de los trabajos hasta en un 80%.
- Dispersión de los núcleos poblacionales en el territorio. El desplazamiento de los equipos de trabajo a localidades dispersas disminuye el rendimiento de los trabajos.
- A lo anterior hay que añadir que el contenido en agua de las plantas varía marcadamente a lo largo del año. Por ejemplo, al final de verano un m³ de *C. pallida* puede pesar unos 150 kg, mientras que en primavera puede llegar a los 250 kg.



9



Cylindropuntia fulgida. Gwalia (Western Australia).
Mike Chuk-Desert Channels, Queensland.

9.1. La invasión por *C. rosea* en Australia

Steve Csurhes, Biosecurity Queensland, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland Government.

En Australia hay por lo menos ocho especies de *Cylindropuntia* que se comportan como invasoras. De estas, *C. rosea* y *C. tunicata*, una especie muy próxima, representan quizás el problema ambiental más grave, junto con *C. spinosior*, que también supone una amenaza comparable.

Vías de entrada

Como la mayoría de las especies de plantas invasoras, *C. rosea* se introdujo en Australia como una planta de jardinería. La fecha exacta de la introducción no se conoce, pero se asume que tuvo lugar por lo menos hace 50 años.

Vectores de dispersión

La principal forma de dispersión a larga distancia es a través del comercio de plantas ornamentales. Una vez plantada en jardines, se cree que la dispersión secunda-

ria puede tener lugar por exo-zoocoria, ya que cuando los animales entran en contacto con este cactus provocan la ruptura de pequeños segmentos, que se enganchan en su pelaje. De este modo, los fragmentos pueden ser transportados a nuevos lugares. En muchas áreas, se considera que los canguros son un vector de dispersión importante. Los vehículos también pueden dispersar fragmentos de la planta (figura 52).



Figura 52. Dispersión de fragmentos de *C. rosea* adheridos a los neumáticos de un vehículo. Imagen: Steve Csurhes.

Superficie afectada

La tasa de dispersión no se ha estudiado. Sin embargo, basándose en observaciones visuales, la planta ha sido capaz de propagarse a lo largo de varios cientos de hectáreas en 20-30 años.

Actualmente, *C. rosea* crece en Australia en forma de poblaciones naturalizadas aisladas. La mayoría son pequeños núcleos, que sólo afectan a unos pocos centenares de hectáreas. La población más grande tiene una extensión aproximada de 458.000 hectáreas alrededor de Lightning Ridge en el estado de Nueva Gales del Sur (figura 53).

Por lo tanto, puede afirmarse que la invasión por *C. rosea* se encuentra todavía en una fase inicial de desarrollo de la población, con el potencial de propagarse a través de millones de hectáreas de pastizales sub-costeros semiáridos

y áridos. El modelo “Climatch” (BRS 2009) se aplicó para predecir el área de Australia donde el clima puede ser adecuado para *C. rosea* (figura 53).

Hábitats afectados

C. rosea tiene el potencial de invadir una variedad de hábitats, especialmente los bosques de *Acacia harpophylla*, de *Acacia aneura* o las formaciones abiertas de *Eucalyptus populnea*, así como praderas áridas abiertas y matorrales.

Inclusión en normas legales

C. rosea está catalogada en Australia como una mala hierba de importancia nacional “*Weed of national significance*”, ya que representa una seria amenaza a largo plazo para el pastoreo y la biodiversidad en grandes áreas. Por

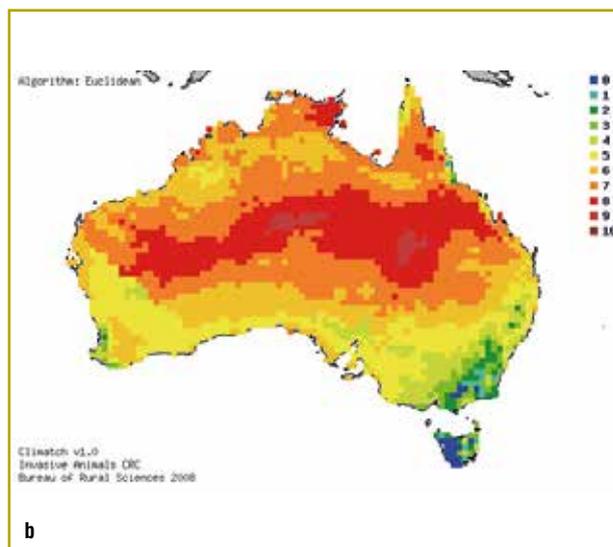
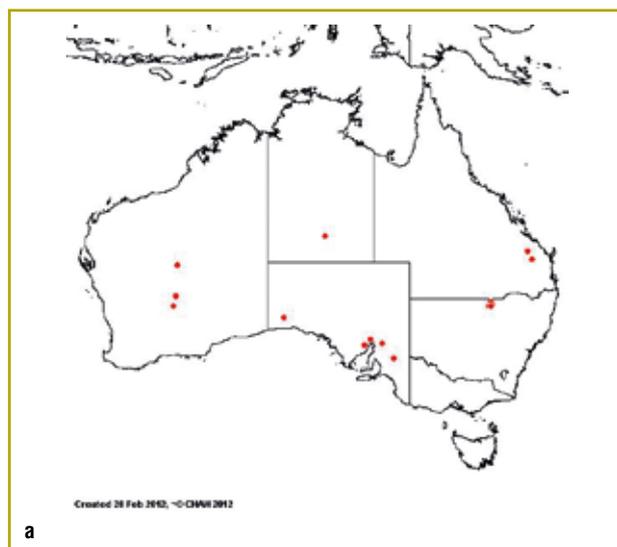


Figura 53. (a) Distribución de *C. rosea* en Australia; (b) Superficie de Australia donde el clima parece adecuado para *C. rosea* (las zonas de color rojo y naranja son las más adecuadas, mientras que el amarillo es marginalmente apto y el verde/azul son inadecuados). Nótese la extensa área del continente que representa un hábitat climáticamente adecuado para la especie. (c) Aspecto de las invasiones en Lightning Ridge, en la región de Nueva Gales del Sur, que constituye el mayor núcleo poblacional de la especie en ese país. Imagen: Steve Csurhes.

esta razón, ha sido declarada “nociva” en la mayoría de los estados australianos. Esto significa que la comercialización de la planta es un delito y que su control puede ser obligatorio. A pesar de estas restricciones, el control de *C. rosea* plantea un reto significativo.

Impactos que provoca

Si se le permite extenderse, *C. rosea* puede formar extensas poblaciones de gran densidad que causan graves problemas. Debido a sus feroces espinas, puede prevenir el pastoreo de ganado vacuno y ovino, lo que inutiliza la tierra desde el punto de vista ganadero. También puede provocar daños, incluso la muerte, a la fauna nativa. Los ejemplos de animales que mueren empalados en sus espinas son numerosos, e incluyen koalas, canguros y diversas especies de aves. La muerte de una persona fue atribuida a *C. rosea*. El establecimiento de formaciones densas también puede impedir el uso lúdico del territorio.

Estrategia de control

La detección temprana y la erradicación de *C. rosea* es factible en muchas regiones de Australia. Por ejemplo, en el Estado de Queensland, se trabaja actualmente en la erradicación de dos pequeñas poblaciones.

Las pequeñas infestaciones pueden ser controladas fácilmente con ciertos herbicidas. Sin embargo, el coste del control es a menudo prohibitivo debido al bajo valor de mercado de las tierras de pastoreo. Además, el gran tamaño y la lejanía del “outback” australiano hace que las pequeñas infestaciones pasan desapercibidas con frecuencia.

Por el contrario, en Nueva Gales del Sur, la erradicación mediante el empleo de herbicidas no es posible debido al gran tamaño de los núcleos poblacionales, y se está trabajando en el desarrollo de agentes de control biológico.



Figura 54. Área invadida por *C. fulgida*. Gwalia (Western Australia). Imagen: Mike Chuk-Desert Channels, Queensland.

9.2. La invasión por *Cylindropuntia* sp. en Sudáfrica

Ana Novoa. Postdoctoral Fellow. Centre for Invasion Biology. Department of Botany and Zoology. Stellenbosch University. Private Bag X1. Matieland 7602. South Africa.
<http://academic.sun.ac.za/cib/team/academic/anovoa.asp>

En Sudáfrica, crecen más de 550 plantas exóticas naturalizadas, según el Southern African Plant Invaders Atlas (Henderson, 2007). De estas, unas 70 son suculentas, la gran mayoría de ellas pertenecientes a la familia *Cactaceae* (Walters *et al.* 2011). Algunas de sus especies, entre las que se encuentran seis pertenecientes al género *Cylindropuntia* —*C. fulgida*, *C. imbricata*, *C. leptocaulis*, *C. rosea*, *C. pallida* y *C. spinosior*—, han provocado los impactos más negativos a la agricultura sudafricana.

Vías de entrada

La vía de entrada de buena parte de los cactus en Sudáfrica ha sido su venta como plantas ornamentales. En este contexto, especies del género *Cylindropuntia* han sido vendidas y cultivadas con este fin en las regiones más secas del país.

Vectores de dispersión

A partir de estas introducciones, realizadas de manera ocasional y únicamente por particulares, han tenido lugar fenómenos de dispersión, principalmente como resultado del transporte de sus segmentos y frutos por cursos de agua, pero también por parte de animales y por las ruedas de los vehículos.

Superficie afectada

Se desconoce cuál ha sido la tasa de dispersión y la superficie que actualmente ocupan estas especies en Sudáfrica, aunque en un informe publicado por el gobierno sudafricano en 1983 se indicaba que la superficie invadida por *Cylindropuntias* ascendía a 8.250 hectáreas.

Hábitats afectados

No obstante lo anterior, se dispone de datos referidos a su distribución en el territorio (figura 55). En ellas puede verse que las especies del género *Cylindropuntia* colonizan una gran diversidad de ambientes, que incluyen zonas del Karoo, con clima semidesértico y áreas de sabana, con clima tropical seco y altas temperaturas durante todo el año.

Inclusión en normas legales

El Ministerio de Medio Ambiente sudafricano ha publicado en Agosto del 2014 el nuevo reglamento nacional de especies exóticas invasoras (NEM:BA 2014), el cual incluye una lista especies invasoras y una segunda lista de especies exóticas no presentes en Sudáfrica cuya entrada en el país está prohibida. En este reglamento, las especies *C. pallida* y *C. spinosior* están incluidas en la lista de especies invasoras bajo la categoría 1a, lo cual implica que deben ser inmediatamente erradicadas. En cambio, las especies *C. fulgida*, *C. imbricata* y *C. leptocaulis*, aparecen en la misma lista bajo la categoría 1b, lo cual supone que están demasiado extendidas como para que su erradicación sea posible. Sin embargo, deben ser inmediatamente controladas. Finalmente, todas aquellas especies del género *Cylindropuntia* no presentes en Sudáfrica, están contempladas en la segunda lista.

Impactos

Las especies del género *Cylindropuntia* generan impactos negativos sobre el medio ambiente —sus espinas afiladas han provocado la muerte de fauna salvaje—, la agricultura —reducción del valor de la tierra— y la ganadería —destrucción de pastos y lesiones, incluso mortales, al ganado—.

Estrategia de control

Las poblaciones pequeñas y aisladas son controladas eficientemente con herbicida (Moran y Zimmermann, 1991b). En concreto, se han fumigado un total de 338 hectáreas empleando MSMA (Monsodium Methyl Arsenate), un tratamiento que provoca la muerte de la planta con una sola aplicación. Sin embargo, el uso de este producto ha sido prohibido por el Departamento de Medio Ambiente. Por ello, en la actualidad se está estudiando la eficacia del herbicida Garlon GS 480 (que contiene 480g/l de Triclopir) en aplicaciones al 2% diluido en agua con un 0,5% de aceite mineral de verano.

Por otra parte, para poblaciones extensas en general en Sudáfrica, el control biológico de especies de la familia *Cactaceae* es excepcionalmente bueno, sobre todo si se compara con otras familias de plantas invasoras. Esto es debido, al menos en parte, a la especificidad de sus enemigos naturales y también a que en esta región no crecen plantas nativas pertenecientes a esta familia.

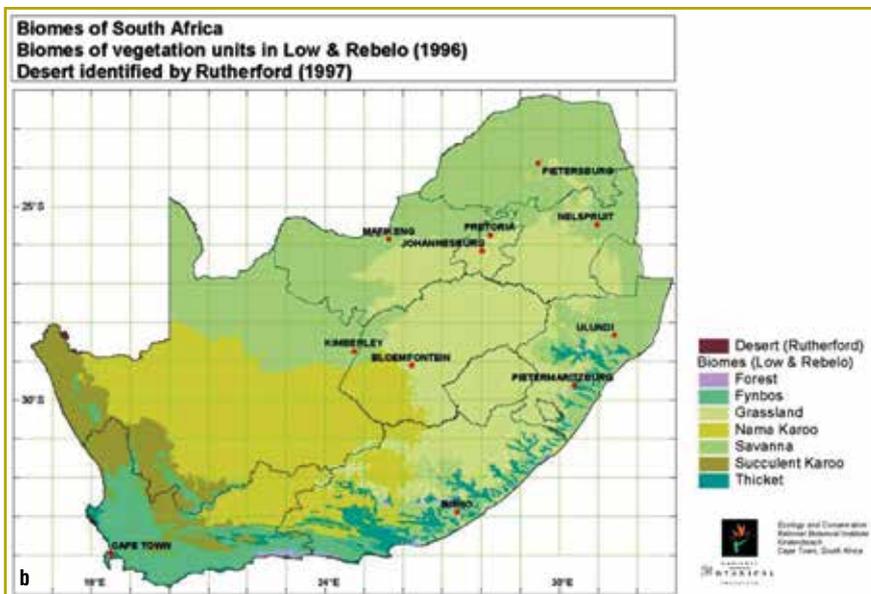
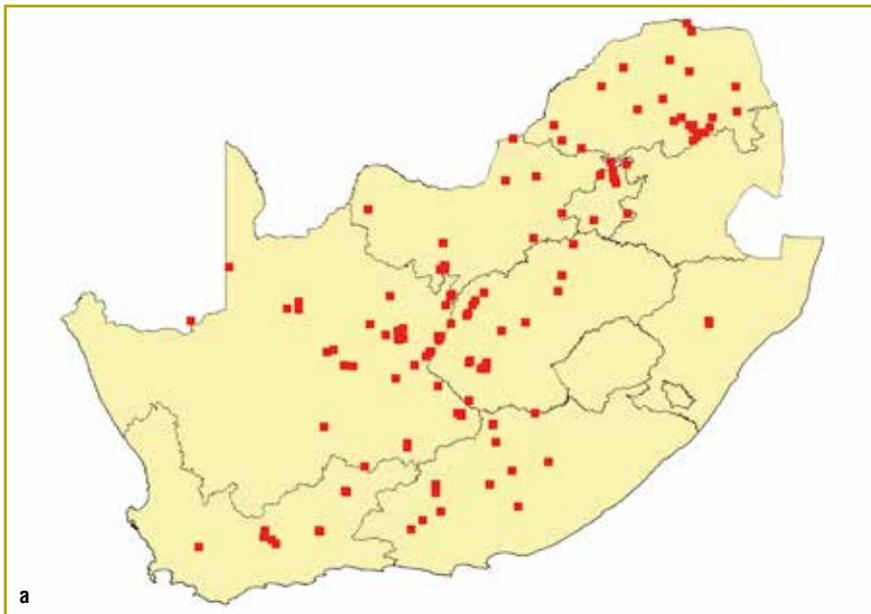


Figura 55. (a) Distribución de las especies del género *Cylindropuntia* en Sudáfrica. Datos de SAPIA; (b) Biomas de Sudáfrica.



Figura 56. Área invadida por *C. rosea* en Prince Albert, Sudáfrica. Imagen: Travor Xivuri.



10



Extracción por tiroliña de restos de *C. pallida* en la S. de Orihuela

1. La invasión de un territorio por *C. pallida* puede producirse en un plazo de tiempo breve a partir de una presión de propágulos inicial muy baja.

El uso ornamental, incluso esporádico, de plantas altamente invasoras supone un claro riesgo de invasión del territorio en un corto espacio de tiempo. Así lo confirman los procesos ocurridos en la Comunidad Valenciana y en otras regiones del mundo, como Sudáfrica o Australia, con *C. pallida* u otras especies de este género de cactáceas.

2. Las actividades humanas potencian la capacidad invasora de *C. pallida*.

Las actividades humanas contribuyen de manera determinante a la dispersión de esta especie, tanto a corta como a larga distancia, generando nuevos núcleos poblacionales y favoreciendo una dinámica exponencial de crecimiento de la invasión.

3. Los núcleos poblacionales de *C. pallida* se comportan rápidamente como fuentes de nuevas plantas, incrementan la presión de propágulos y la probabilidad de dispersión adicional.

Las plantas de *C. pallida* producen artejos con capacidad de generar nuevas plantas a los 2 meses de edad. Por tanto, cuanto mayor sea el tiempo que la especie permanece en el territorio:

- Mayor será la presión de propágulos y la probabilidad

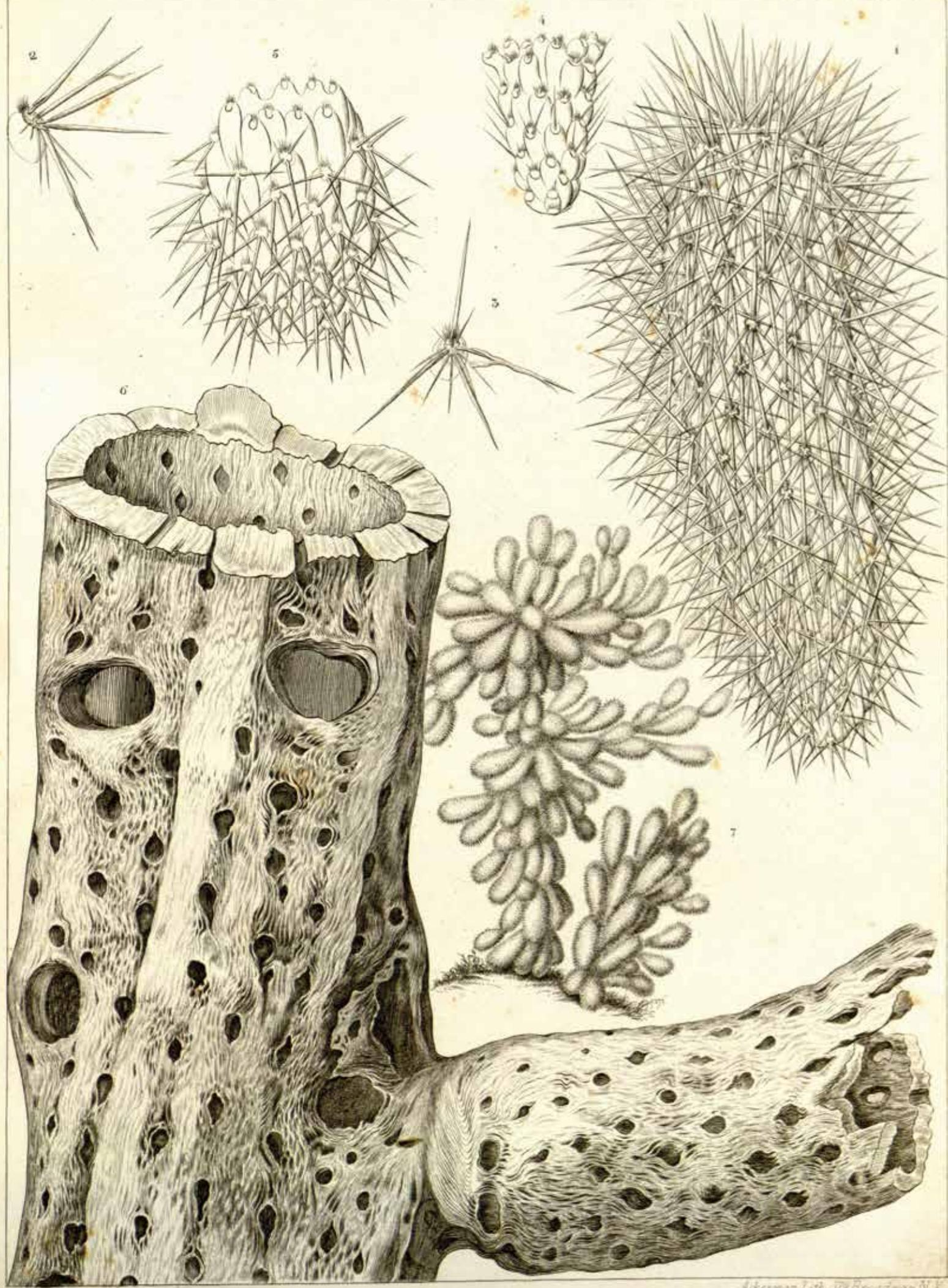
de que ocurran fenómenos de dispersión adicional.

- Mayor será el “banco de propágulos” en las localidades donde se establezca y menor la probabilidad de lograr erradicar la especie.

4. El establecimiento de una red de alerta y de un mecanismo de intervención temprana son aspectos fundamentales para contener una invasión por *C. pallida*.

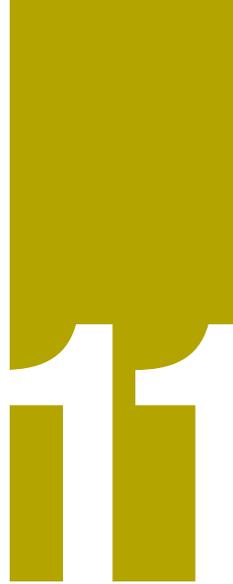
El carácter críptico de la especie requiere una prospección intensiva del territorio para la localización de los núcleos poblacionales pequeños y dispersos. Por esta razón, conviene implicar en su detección a colectivos que, por motivos laborales o de ocio, frecuentan el medio natural. La eliminación de los pequeños núcleos detectados por la red es ventajosa, tanto en términos de gestión de la invasión como económicos. Con este procedimiento se evita el reclutamiento de plantas en nuevas áreas y disminuye las posibilidades de interacción del hombre con la especie, reduciendo las probabilidades de dispersión adicional, todo ello con un bajo coste por intervención.

5. La erradicación de *C. pallida* de un territorio requiere un compromiso a largo plazo. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta no solo el coste global de la actuación sino su distribución temporal. Esto último es importante en el caso de *C. pallida*, como consecuencia de la longevidad de sus propágulos vegetativos.



OPUNTIA BIGELOVII. E

Aikman Lith 39 Broadway N.Y.



1°. OPUNTIA ROSEA. Pl. xv. — DC. Prod. 3, p. 471.
Cette belle espèce, qui explique la nature du *Cactus cylindricus* de nos jardins, faisoit partie des planches inédites de la Flore du Mexique, où elle se trouvoit désignée sous le nom de *Cactus subquadriflorus*. Elle a une tige droite, divisée à son sommet en rameaux très-ouverts : la tige et les rameaux sont à peu près cylindriques, revêtus d'aréoles oblongues disposées en spirales, bombées et séparées par des raies déprimées; chaque aréole porte à son sommet une feuille caduque, et à l'aisselle de cette feuille une houpe d'aiguillons blancs, droits, inégaux. Les fleurs naissent trois ou quatre rapprochées les unes des autres vers l'extrémité des rameaux, sessiles, de couleur rose assez vive; les pétales sont sur trois à quatre rangées, étalés, obovés, presque en coin, tronqués et surmontés d'une pointe; les filets des étamines
pétal
le fr
large
pulpe abondante dans laquelle les graines sont noyées; les

REFERENCIAS

- ANDERSON, E.F. 2001. *The cactus family*. Timber Press.
- ANNECKE, D.P. & MORAN, V.C. 1978. Critical reviews of biological pest control in South Africa. 2. The prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Journal of the Entomological Society of South Africa* 41: 161-188.
- ANTHONY, M. 1954. Ecology of the *Opuntiae* in the Big Bend region of Texas. *Ecology* 35: 334-347.
- AUSTRALIAN WEED COMMITTEE. 2012. *Weeds of national significance opuntoid cacti* (*Austrocylindropuntia*, *Cylindropuntia*, *Opuntia* spp.). Strategic plan. Canberra.
- BOBICH, E.G. & P.S. NOBEL. 2001a. Biomechanics and anatomy of cladode junctions for two *Opuntia* (*Cactaceae*) species and their hybrid. *American Journal of Botany* 88 (3): 391-400.
- BOBICH, E.G. & P.S. NOBEL. 2001b. Vegetative reproduction as related to biomechanics, morphology and anatomy of four cholla cactus species in the sonoran desert. *Annals of Botany* 87: 485-493.
- BOBICH, E.G. & P.S. NOBEL. 2002. Cladode junctions regions and their biomechanics for arborescent *Platyopuntias*. *International Journal of Plant Science* 163: 507-517.
- BOBICH, E.G. 2005. Vegetative reproduction, population structure, and morphology of *Cylindropuntia fulgida* var. *mamillata* in a desert grassland. *International Journal of plant science* 166(1): 97-104.
- BRANQUART, E. (ed). 2007. *Guidelines for environmental impact assessment and list classification of non-native organisms in Belgium*. Belgian Biodiversity Platform, Belgium.
- CATFORD, J.A., JANSSON, R. & C. NILSSON. 2009. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Diversity and Distributions* 15: 22-40.
- DANA, E.D., GARCÍA-DE-LOMAS, J., CEBALLOS, G. & F. ORTEGA. 2014. *Selección y priorización de actuaciones de gestión de especies exóticas invasoras (Manual práctico)*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.
- DE WIT, C.T. & J.P. VAN DEN BERGH. 1965. Competition between herbage plants. *Journal of Agricultural Science* 13: 212-221.
- DELTORO, V., BALLESTER, G., OLTRA, J.E., PÉREZ-BOTELLA, J., PÉREZ-ROVIRA, P., GÓMEZ-SERRANO, M.A. & J. JIMÉNEZ (2013) The practicalities of eradicating an extremely invasive cactus: Hudson pear *Cylindropuntia rosea* in the Valencia region (East Spain). *Aliens Newsletter* 33.
- EDWARDS, E.J., NYFFELER, R., & M.J. DONOGHUE. 2005. Basal cactus phylogeny: implications of *Pereskia* (*Cacta-*

- ceae*) paraphyly for the transition to the cactus life form. *American Journal of Botany* 92: 1177–1188.
- ESSL, F., NEHRING, S., KLINGENSTEIN, F., MILASOWSKY, N., NOWACK, C. & W. RABITSCH. 2011. View of risk assessment systems of IAS in Europe and introducing the German-Austrian black list information system (GABLIS). *Journal for Nature Conservation* 19: 339-350.
- FOXCROFT, L., ROUGET, M., RICHARDSON, D.M. & S. MAC FADYEN. 2004. *Reconstructing 50 years of Opuntia stricta invasion in the Kruger national park, South Africa: environmental determinants and propagule pressure*.
- FREGO, K.A. & R.J. STANIFORTH. 1985. Factors determining the distribution of *Opuntia fragilis* in the boreal forest of southeastern Manitoba. *Canadian Journal of Botany* 63: 2377-2382.
- GARCÍA-DE-LOMAS, J., DANA, E.D., CEBALLOS, G. & F. ORTEGA. 2014. *Análisis del Riesgo de Invasión de Vegetales Exóticos (Manual práctico)*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía.
- GEDERAAS, L., MOEN, T.L., SKJELSETH, S. & L-K. LARSEN. 2012. *Fremmede arter i Norge – med norsk svarteliste 2012*. Artsdatabanken, Trondheim.
- GRANT, V. & K.A. GRANT. 1971. Dynamics of a clonal microspecies of cholla cactus. *Evolution* 25: 144-155.
- HARRIS, S. & S.M. TIMMINS. 2009. *Estimating the benefit of early control of newly naturalised plants*. Science for conservation 292. New Zealand Department of conservation. Web ISBN 978–0–478–14588–5.
- HENDERSON, L. 2012. Focus on cacti in South Africa. *SAPIA News* 25. ARC-Plant Protection Research Institute. Department of Environmental Affairs. Republic of South Africa.
- HOWARD, R.A. & M. TOUW. 1981. The cacti of the Lesser Antilles and the typification of the genus *Opuntia* Miller. *Cactus and Succulent Journal* 53: 233–237.
- JOHNSON, S.B., HOSKING, J.R., CHINNOCK, R.J. & R.H. HOLTKAMP. 2009. *The biology of Australian weeds*. 53. *Cylindropuntia pallida* (DC.) Backeb., and *Cylindropuntia tunicata* (Lehm.) F.M. Kunth. Plant Protection Quarterly Vol 24.
- LOÜNSBURY, C.P. 1915. Plant killing Insects: The Indian Cochineal. *Agricultural Journal of South Africa* 1: 537-543. Pretoria.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S. & M. DE POORTER. 2000. *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database* (p. 12). Auckland, New Zealand: Invasive Species Specialist Group.
- MANDUJANO, M.C., MONTAÑA, C. & L.E. EGUIARTE. 1996. Reproductive ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactaceae) in the Chihuahuan Desert: why are sexually recruitments so rare? *American Journal of Botany* 83: 63-70.
- MANDUJANO, M.C., GOLUBOV, J. & L.F. HUENNEKE. 2007. Effect of reproductive modes and environmental heterogeneity in the population dynamics of a geographically widespread clonal desert cactus. *Population Ecology* 49: 141-153.
- MATHENGE, C.W., HOLFORD, P., HOFFMANN, J.H., ZIMMERMANN, H.G., SPOONER-HART, R. & BEATTIE, G.A.C. 2010. Determination of biotypes of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae) and insights into the taxonomic relationships of their hosts, *Cylindropuntia* spp. *Bulletin of Entomological Research* 100: 347-358.
- MAYER, M.S. & L.M. WILLIAMS. 2000. Molecular evidence for the hybrid origin of *Opuntia prolifera* (Cactaceae). *Madroño* 47: 109-115.
- MOODY, M.E. & R.N. MACK. 1998. Controlling the spread of plant invasions: the important of nascent foci. *Journal of Applied Ecology* 25: 1009-1021.
- MORAN, V.C., ZIMMERMAN, H.G. 1984. The biological control of cactus weeds: achievements and prospects. *Biocontrol News*. *Biocontrol News and Information* 5: 297-320.
- NEFZAOU, A. 2007. *Cactus to improve livestock feeding and income sources of the rural poor*. Role of the FAO-Cactusnet. In: PRIOLO, A., BIONDI, L., BEN SALEM, H., MORAND-FEHR, P. (eds.) *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat*. Zaragoza 301–302.
- NEGRÓN-ORTIZ, V. 1998. Reproductive biology of a rare cactus, *Opuntia spinosissima* (Cactaceae). *Sexual Plant Reproduction* 11: 208-212
- NORTH, G.B. & P.S. NOBEL. 1996. Radial hydraulic conductivity of individual root tissues of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as soil moisture varies. *Annals of Botany* 77: 133–142.

- PAGE, A.R., LACEY, K.L. 2006. *Economic Impact assessment of Australian Weed Biological Control*. Technical Series 10. CRC for Australian Weed Management, Adelaide, Australia: CRC for Australian Weed Management.
- PEMBERTON, R.W. 2000. Predictable risk to native plants in weed biological control. *Oecologia* 125: 489-494.
- PHELOUNG, P.C., WILLIAMS, P.A. & S.R. HALLOY. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management* 57: 239-251.
- ROWLEY, G.D. 1997. *A history of succulent plants*. Mill Valley, California: Strawberry Press xv.
- RUNDEL, P.W. & P.S. NOBEL. 1991. *Structure and function in desert root systems*. In *Plant Root Growth. An Ecological Perspective* (D. ATKINSON, ed.). Blackwell Scientific, London. Pp. 349–378.
- SANZ-ELORZA, M.S., DANA SANCHEZ, E.D. & E. SOBRIÑO VESPERINAS. 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.
- SULLIVAN, J.J., WILLIAMS, P., CAMERON, E.K. & S.M. TIMMINS. 2004. People and time explain the distribution of naturalized plants in New Zealand. *Weed Technology* 18: 1330–1333.
- SULLIVAN, J.J., TIMMINS, S.M. & P.A. WILLIAMS. 2005. Movement of exotic plants into coastal native forests from gardens in northern New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 29(1): 1–10.
- TYRON, H. 1910. The “wild cochineal insects” with reference to its injurious action on prickly pear (*Opuntia* spp.) in India, etc, and to its availability for the subjugation of this plant in Queensland and elsewhere. *Queensland Agricultural Journal*, 25: 188-197.
- VERBRUGGE, L.N.H., LEUVEN, R.S.E.W. & G. VAN DER VELDE. 2010. *Evaluation of international risk assessment protocols for exotic species*. Institute for Water and Wetland Research, Radboud University Nijmegen, The Netherlands. 54 pp.
- VERBRUGGE, L.N.H., VAN DER VELDE, G., HENDRIKS, A.J., VERREYCKEN, H. & R.S.E.W. LEUVEN. 2012. Risk classifications of aquatic non-native species: Application of contemporary European assessment protocols in different biogeographical settings. *Aquatic Invasions* 7: 49-58.
- WALTERS, M., FIGUEIREDO, E., CROUCH, N.R., WINTER, P.J.D., SMITH, G.F., ZIMMERMANN, H.G. & B.K. MASHOPE. 2011. *Naturalised and invasive succulents of southern Africa*. ABC Taxa.
- ZALBA, S.M. & S.R. ZILLER. 2008. *Herramientas de prevención de Invasiones de I3N: Análisis de Riesgo de Establecimiento e Invasión y Análisis de Vectores y Rutas de Dispersión*. I3N Red de Información sobre Especies Invasoras de IABIN (Red Interamericana de Información sobre Biodiversidad) http://www.sib.gov.ar/archivos/I3N_ManualHerramientasdePrevenciondeInvasiones.pdf
- ZIMMERMANN, H.G., MORAN, V.C. 1991. Biological control of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) in South Africa. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 37: 29-35.
- ZIMMERMANN, H., MORAN, C. & J. HOFFMANN. 2009. *Invasive cactus species (Cactaceae). Biological Control of Tropical Weeds Using Arthropods*. 1st ed. Cambridge: Cambridge University Press.

La colección **Manuales Técnicos de Biodiversidad** pretende mostrar el esfuerzo del Servicio de Vida Silvestre (Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient) en la búsqueda de respuestas prácticas para la conservación y gestión de especies y hábitats, más aun cuando estén amenazados.

El objetivo final es extender buenas prácticas de conservación fuera del ámbito de la administración ambiental, entendiendo que el protagonismo y la responsabilidad de la conservación del entorno debe recaer en los diferentes colectivos, entidades y personas que conforman nuestra sociedad.

Bases para el control del cactus invasor *Cylindropuntia pallida* sintetiza los conocimientos obtenidos durante 5 años de manejo de la invasión protagonizada por esta especie en la Comunitat Valenciana por la Generalitat Valenciana. Durante este periodo de tiempo, se han llevado a cabo experiencias que han permitido conocer mejor qué rasgos de su biología sustentan su carácter altamente invasor. Por otra, el extenso trabajo de campo realizado ha revelado sus vías de entrada, qué vectores la dispersan y sus patrones de distribución, lo que permite comprender mejor el proceso de ocupación del territorio. Por último, se han depurado los protocolos para su eliminación mediante el empleo de diferentes métodos y se ha evaluado su coste, eficacia y las precauciones que deben observarse con vistas a incrementar su efectividad. Los conocimientos adquiridos se han sintetizado en este manual, que también incluye información sobre las invasiones protagonizadas por esta especie, o especies muy cercanas taxonómicamente, en Sudáfrica y Australia, con la finalidad de ponerlos al alcance de gestores de otros territorios interesados en el control de las cactáceas incluidas en el género *Cylindropuntia*.

