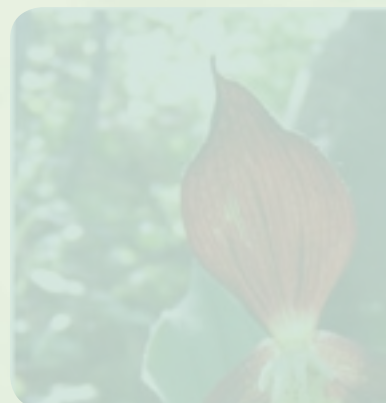


# SEGUIMIENTO DE LA FLORA VASCULAR DE ESPAÑA

Seguimiento demográfico y estado de conservación de  
*Borderea chouardii* y *Cypripedium calceolus*  
(Zapatito de La Dama)



# SEGUIMIENTO DE LA FLORA VASCULAR DE ESPAÑA

Seguimiento demográfico y estado de conservación de  
*Borderea chouardii* y *Cypripedium calceolus*  
(Zapatito de La Dama)



Madrid, 2015

La presente obra se ha realizado para el proyecto de *Desarrollo de instrumentos para la aplicación de la Ley 42/2007: Inventario Español del Patrimonio Natural y Biodiversidad y Sistema de indicadores*, dentro de los trabajos del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad que desarrolla el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en el marco de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

**Dirección técnica del proyecto**

Ricardo Gomez Calmaestra (Subdirección General de Medio Natural Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural)

**Realización y producción**

TRAGSATEC, Grupo TRAGSA

**Coordinación general del proyecto**

François Tapia

**Coordinación técnica y científica**

Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas

**Autores**

Daniel Goñi Martínez (Larre Consultores)

M<sup>a</sup> Begoña García González (Instituto Pirenaico de Ecología - CSIC)

David Guzmán Otano (Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón)



A efectos bibliográficos este documento debe citarse como sigue:

Goñi Martínez D., García González M. B., Guzmán Otano D., 2015. *Seguimiento de la flora vascular de España. Seguimiento demográfico y estado de conservación de Borderea chouardii y Cypripedium calceolus (Zapatito de La Dama)*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 49 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. El uso que se haga de la información contenida en esta obra es responsabilidad única del lector.



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Distribución y venta:**

Paseo de la Infanta Isabel, 1  
28014 Madrid  
Teléfono: 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

**Diseño, maquetación, impresión y encuadernación:**

Taller del Centro de Publicaciones del MAGRAMA

NIPO: 280-15-205-7 (papel)  
NIPO: 280-15-206-2 (Línea)  
Depósito Legal: M-35585-2015

Tienda virtual: [www.magrama.es](http://www.magrama.es)  
[centropublicaciones@magrama.es](mailto:centropublicaciones@magrama.es)

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:  
<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**Datos técnicos:** Formato: 24x17 cm. Caja de texto: 19,5x13 cm. Composición: Una columna. Tipografía: Optima LT Std a cuerpo 10. Encuadernación: Grapado. Papel: Igloo 100 gramos. Cubierta Igloo 150 gramos. Impresión digital.

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	9
Modelos demográficos basados en conteos	9
Análisis de tasas vitales	10
<i>BORDEREA CHOUARDII</i>	13
Resumen	15
Introducción a la especie	17
Mapa de distribución	21
Seguimiento demográfico en la población natural	21
Resultados del modelo basado en conteos	23
Nuevas poblaciones. Fundación y seguimiento	24
Resultados en las poblaciones introducidas	25
Conservación	28
Equipos de censos y seguimiento	30
<i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i>	
Resumen	33
Introducción a la especie	35
Características de las poblaciones aragonesas	39
Mapa de distribución	41
Metodología de seguimiento	41
Resultados	42
Conservación	44
Equipos de censos y seguimiento	45
BIBLIOGRAFÍA	47

## Agradecimientos

El Gobierno de Aragón ha promovido y encargado buena parte de los trabajos que se resumen en esta monografía; en ese contexto la Dirección General de Conservación del Medio Natural ha autorizado la publicación de los resultados generados en varios contratos. Además, hay que agradecer que los siguientes responsables lo hayan hecho posible a lo largo de todos estos años: Julio Guiral, Manuel Alcántara, Jesús Inchausti, Víctor Sanz y, especialmente, Javier Puente, coordinador de los planes de recuperación de ambas especies.

Colaboraron en la toma de datos de *Borderea chouardii*: Arancha Campo, Pilar Ortega, Clara Lahoz, Ramón Antor, Ángela Taboada, María P. Pata, Jesús Villellas, Pedro Bravo, y los Agentes de Protección de la Naturaleza: Luis Miguel Rubio, Raúl de Miguel, y especialmente David Carpi y Leonardo Fajardo.

Colaboraron en la toma de datos de *Cypripedium calceolus*: Arancha Campo, Marcos Regueira, José Luis Benito, Pilar Ortega, y los Agentes de Protección de la Naturaleza: Javier Navas y Rodolfo García.

La información de las poblaciones catalanas de *Cypripedium calceolus* se ha obtenido gracias a la generosa aportación de datos de Llorenç Sáez (Universidad Autónoma de Barcelona) y de Ferrán G. Prat (Grup d'Orquídiés del Ripollés).

Diversos proyectos de I+D+I del Plan Nacional contribuyeron también a la obtención de los resultados aquí presentados.

Han colaborado de alguna otra manera, facilitando el trabajo, aportando información, instalando vallados, etc.: Anita Díaz, Carlos Tuda, Dámaso Palacín, David García, Elena Torres, Elisa de Andrés, Fernando Cirac, Fernando de Frutos, Fran Domínguez, Guillermo Sanz, Jens Olesen, Johan Ehrlén, Rachel, Xavier Espadaler, Zigor Arteaga, y los Agentes de Protección de la Naturaleza: Carlos Tejado, Javier Fanlo, Jesús Cosculluela, Jesús Ezquerro, Jesús Fabo, José Carlos Gracia, José Luis Alejandro, Luis Miguel Berzal, Manolo Grasa, Mariano Muñoz, Pilar Rodríguez y Vicente Hernández. Gracias a todos ellos.

## Introducción

A mediados de los años 90 del siglo pasado, en Aragón había, dentro del departamento competente en medio ambiente del gobierno autonómico, un Servicio de Vida Silvestre. Al frente del mismo estaba Julio Guiral, quien tuvo la sensibilidad y la valentía necesarias para dedicar una parte del escaso presupuesto de su departamento a la flora. Fue en buena parte responsable de que en 1994, se aprobara como documento normativo y administrativo el Plan de Recuperación de *Borderea chouardii* (Anónimo, 1994), el primero para una planta en Europa. Un poco más tarde dirigió técnicamente el alumbramiento del libro *Estrategias para la Conservación de la Flora Amenazada de Aragón* (Sainz-Ollero & al., 1996), y casi al mismo tiempo conseguía el proyecto LIFE “Conservación de trece especies de plantas amenazadas en Aragón” LIFE96 NAT/E/003096, cofinanciado por la Unión Europea, para la conservación de las especies de flora incluidas en la Directiva Hábitats y presentes en Aragón, que se desarrollaría entre 1997 y 2000. Las dos especies que protagonizan esta monografía estaban incluidas en aquel proyecto LIFE. Más o menos así, empezó una línea de trabajo en conservación de especies de flora que se ha prolongado hasta la actualidad, que pretende tener continuidad, y que ha permitido disponer de series de seguimiento de poblaciones con más de 15 años.

*Borderea chouardii*, que ya estaba calificada en peligro de extinción en el *Libro rojo de especies vegetales amenazadas de España Peninsular y Baleares* (Gómez-Campo, 1987), había sido comenzada a monitorizar por uno de nosotros (M<sup>a</sup> Begoña García) en 1995, aplicando métodos demográficos pioneros en el ámbito de la investigación; seguimientos que habían empezado a realizar también, por aquellos tiempos, otros equipos en Madrid y en Canarias. Estos científicos aportaron el necesario rigor y compromiso para sentar las bases de una disciplina que estaba naciendo en nuestro país: la biología de la conservación (Bañares, 2002). Este movimiento se plasmó en el I Seminario de Biología de la Conservación de Plantas Amenazadas de 1999, que daría lugar a la creación de la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. No es de extrañar, pues, que la silueta de la hoja de *Borderea chouardii* se haya convertido en el logotipo de esta sociedad.

En Aragón, los programas de seguimiento siempre se realizaron como una parte, tal vez la más importante, de las tareas de conservación de la flora amenazada. En la conservación, al igual que en la medicina, no se puede llegar a buen puerto sin investigación científica que mejore el conocimiento y ayude a realizar diagnósticos acertados. Pero también es cierto que sólo la investigación no sirve para conservar, ya que a veces los objetivos científicos buscan responder a preguntas que no son las que demanda la gestión de las especies amenazadas. La demografía, entre las disciplinas científicas que estudian las especies, tal vez sea la que mejor permite aunar los objetivos de la ciencia y de la conservación. Es necesario conocer la demografía, porque la extinción de las especies en sí mismo un hecho demográfico, y el estado de conservación de las especies se

mide a menudo en base a parámetros demográficos (básicamente ocupación, tamaño poblacional y tasas de crecimiento). Y reducir el riesgo de extinción y mejorar el estado de las especies y los ecosistemas son la meta de cualquier esfuerzo conservacionista. De hecho, un nuevo proyecto cofinanciado a través de un LIFE+, denominado “Red de seguimiento para especies de flora y hábitats de interés comunitario en Aragón (RESECOM)” LIFE12 NAT/ES/000180, pretende extender esta forma de trabajar entre personal técnico de la Administración y voluntarios.

Desgraciadamente, los seguimientos a largo plazo de flora son excepciones que solo se han dado en una decena de las aproximadamente 1500 plantas amenazadas de España. El objetivo de esta monografía es recopilar la información obtenida en dos de esas excepciones<sup>(1)</sup>, explicar los métodos usados, los resultados obtenidos y sus aplicaciones, para mostrar la utilidad de los programas de seguimiento y su papel primordial en la conservación de especies amenazadas.

Queremos dar relevancia a las metodologías de seguimiento, que pueden ser variadas y adaptables a las circunstancias. Por ello, una primera parte de esta monografía está dedicada a la aproximación metodológica, donde se describen las generalidades válidas para cualquier taxón. Nos hemos centrado en dos metodologías: los modelos demográficos basados en conteos (en las poblaciones naturales de ambas especies) y el análisis de las tasas vitales (para el caso de poblaciones introducidas de *Borderea chouardii*). Hemos dejado de lado los modelos matriciales de dinámica poblacional aplicados a estas especies, divulgados en revistas especializadas (García, 2003; García & al., 2010). Creemos que la explicación de métodos basados en conteos y la exposición de sus resultados son más interesantes, ya que resalta más la importancia de series largas de datos y además es una metodología que se puede aplicar en muchos más casos.

El capítulo dedicado a cada especie se inicia con una introducción que resume, de forma actualizada, toda la información que se ha ido adquiriendo a lo largo de los años sobre su biología, hábitat, distribución, tamaños poblacionales, amenazas, dinámica poblacional, etc. Después, un apartado metodológico describe los pormenores del seguimiento que se ha realizado con cada especie, contando tanto la forma de tomar los datos en el campo como los tipos de análisis que se han realizado en cada caso. En el apartado de resultados se muestran las tendencias poblacionales y otros parámetros demográficos que se han obtenido gracias a los seguimientos, y que sirven para diagnosticar aspectos claves como el riesgo de extinción de cada población. Finalmente, en el último capítulo se relacionan las normas mediante las que se protege específicamente cada especie en nuestro ámbito y las acciones de conservación que se han realizado para cada una, dentro de sus respectivos planes de recuperación, donde queda patente una vez más la estrecha relación entre una conservación eficaz y un buen seguimiento a largo plazo de las poblaciones de plantas.

1. Los últimos datos presentados corresponden al año 2013, pero el seguimiento de estas especies continúa evolucionando dentro de un proceso de gestión adaptativa. Además, durante 2014, se encontraron nuevos núcleos de *Cypripedium calceolus* en Ordesa y Tormosa, sumando más de 20 pies entre todos ellos.

## APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

### Modelos demográficos basados en conteos

Para conocer la dinámica poblacional, así como el riesgo de extinción en un futuro no excesivamente lejano, se aplicaron modelos demográficos de conteos basados en el método de “aproximación por difusión” (Dennis & *al.*, 1991). La gran ventaja de este método, es la sencillez tanto de los cálculos matemáticos como de los requerimientos de los datos obtenidos en campo. Aunque se trate de un análisis limitado, permite estimar la dirección en la que se puede mover la población dentro de unos márgenes de error, y se ajustan bien al tipo de datos más frecuentemente recogidos para especies problemáticas (Morris & Doak, 2002). Simplemente hay que ser consciente de que debe aplicarse a situaciones en las que no existen factores deterministas que están dirigiendo la población de forma evidente, y que se cumplen algunas asunciones que deberían no violarse (por ej. denso-dependencia). Y, como casi cualquier modelo demográfico, son más interesantes en términos relativos, ya que más que ofrecer un resultado cerrado sobre la viabilidad de una población permiten comparar dos o más poblaciones o escenarios de gestión, poniéndonos en alerta sobre cuál de ellos tiene un problema más serio.

El método estima el crecimiento poblacional mediante una regresión entre las tasas de crecimiento obtenidas a partir de parejas de censos y el lapso de tiempo en que han sido calculadas. La pendiente de dicha regresión ( $\mu$ ) es una estima de la tasa de crecimiento poblacional a lo largo de esa serie temporal, calculada con una significación y un intervalo de confianza. Así, si  $\mu$  es positivo predeciremos que la población crecerá, pero si el límite inferior del intervalo de confianza es negativo no podemos descartar la posibilidad de que la población decrezca a largo plazo. Finalmente, el método permite también testar si hay efectos significativos de denso-dependencia o autocorrelación temporal, que limitarían la validez de nuestros resultados.

Con las tasas de crecimiento anual obtenidas en los conteos se han llevado a cabo numerosas simulaciones de trayectorias estocásticas. En un horizonte temporal determinado se puede estimar la viabilidad poblacional y una curva de riesgo de extinción (desaparición de todos los individuos) o cuasi-extinción (se considerará una población como extinta cuando descienda de un umbral arbitrariamente determinado) en base a la frecuencia acumulada de tamaños poblaciones mínimos alcanzados en cada simulación. La curva nos dice con qué probabilidad el tamaño de la población será inferior a un valor concreto (cero o el umbral preestablecido).

Aunque no existe una regla general sobre cuántos censos son necesarios para poder aplicar este método, se suele hablar de un mínimo de 10 (Morris & *al.* 1999). Sin embargo, esta regla puede variar en función del grado de variabilidad ambiental y error de observación, y se admite que a partir de seis años se pueden obtener ideas cuando menos “provisionales” de la dinámica poblacional (Morris & *al.* 1999). Con el fin de presentar los resultados más sólidos posibles actualmente, en el caso de



*Borderea chouardii* y *Cypripedium calceolus* hemos elegido los núcleos poblacionales con al menos ocho tasas de crecimiento anual y con tamaños poblacionales superiores a los 30 individuos. Núcleos o poblaciones con un número menor de individuos hacen sospechar de un fuerte efecto de la estocasticidad demográfica (variaciones debidas al efecto aleatorio de un grupo reducido de individuos) en la dinámica poblacional.

En las simulaciones se fijó un umbral de cuasi-extinción de 10 plantas en ambos casos y un horizonte temporal de 50 años hacia el futuro. Se proyectaron 500 réplicas de posibles trayectorias a partir de combinaciones aleatorias de las tasas de crecimiento registradas cada par de censos consecutivos. Los análisis se realizaron mediante rutinas escritas en R (versión 2.12.2; R Development Core Team, 2012).

### Análisis de tasas vitales

En el caso de las poblaciones introducidas de *Borderea chouardii*, aunque se ha realizado un seguimiento individual, no tiene demasiado sentido analizar su dinámica como si se tratara de poblaciones naturales por varios motivos: por un lado, casi todos los años se han introducido semillas artificialmente y, por otro, son poblaciones tan pequeñas que la estocasticidad demográfica tiene que ser muy importante. Lo que sí se ha hecho en este caso es controlar algunas tasas vitales que nos interesan para saber si estas poblaciones pueden ser más o menos viables: germinación, supervivencia, reproducción y dispersión.

La tasa de germinación se calcula como el número de plántulas emergidas en un lugar respecto del número de semillas que se han sembrado (natural o artificialmente) en dicho lugar. Esta tasa es importante para valorar la capacidad de reclutamiento que tiene una especie (o una población) en un ambiente (microambiente, ya que puede deberse a variaciones ecológicas que se dan en pocos centímetros) determinado.

La tasa de supervivencia anual es la probabilidad de que un individuo en un año siga vivo al año siguiente. Se calcula dividiendo el número de individuos de una cohorte (el conjunto de individuos emergidos o “nacidos” el mismo año) en el año  $t+1$ , entre los existentes el año  $t$ . Así, la proporción entre los individuos con un año de vida y las plántulas del año anterior, será la tasa de supervivencia de las plántulas. Si dividimos cada año el número de individuos de una cohorte respecto del total de plántulas de esa cohorte en el año 0, el valor que obtenemos es el de supervivencia acumulada, que sirve para construir curvas de supervivencia.

El éxito reproductivo se puede medir con varias tasas, entre las que se encuentra la proporción de flores que dan fruto (*fruit set*), o la proporción de óvulos disponibles que forman semillas (*seed set*). En *Borderea chouardii* se puede determinar fácilmente tanto el *fruit set* como el *seed set* (se ven las semillas al trasluz, siendo un máximo de 6 por fruto), mientras que en el caso de *Cypripedium calceolus* el *seed set* es imposible

(dentro de una cápsula hay miles de semillas microscópicas) y hay que limitarse a conocer el *fruit set*.

Respecto a la dispersión a menudo no se puede saber gran cosa más allá de describirla. En el caso de *Borderea chouardii*, la dispersión se da a muy corta distancia. El seguimiento detallado de las poblaciones ha permitido describir y cuantificar esta fase del ciclo vital de la especie.



***BORDEREA CHOUARDII***





## Resumen

*Borderea chouardii* es un paleoendemismo de enorme valor científico. Es un geófito rupícola cuyo órgano de reserva puede llegar a vivir cientos de años, siendo probablemente la planta herbácea no clonal con más edad registrada en el mundo. Es una planta dioica con un éxito reproductivo aceptable, el cual depende en gran parte del papel desempeñado por las hormigas, que son sus agentes polinizadores y también dispersantes de las semillas. A pesar de la cercanía espacial, en la población hay dos subpoblaciones entre las que existe muy poco flujo génico. El hábitat ocupado por las plantas es muy específico: secciones verticales o desplomadas de roca caliza en sombra casi permanente, en las que las oscilaciones térmicas son inferiores a las de otras secciones del roquedo próximas. El último censo global (realizado en 2010) permitió estimar el tamaño poblacional en un rango de aproximadamente entre 7.000 y 12.500 individuos.

El método de seguimiento de *Borderea chouardii* siempre ha sido mediante marcaje de individuos, tanto en la población natural como en las introducidas. Los resultados de los diferentes análisis coinciden en señalar que la población natural de esta especie es muy estable demográficamente, con un riesgo de extinción nulo en los próximos 50 años, de mantenerse las tasas vitales registradas en las dos últimas décadas. El aspecto negativo de esta dinámica es la baja capacidad de recuperarse tras eventos que causen una merma importante de la población.

En el programa de fundaciones se han encontrado dos sitios buenos, de entre los cinco lugares fuera del congosto de Sopeira que se han explorado. En estas dos poblaciones introducidas, en los congostos de Jánovas e Inclusa, en 2013 había 71 y 36 individuos respectivamente, tras 10 años de siembras. La germinación fue buena, aunque muy variable entre años. Las tasas de supervivencia son muy buenas sobre todo en Jánovas. Se han empezado a expresar sexualmente algunos individuos, muy precoces, dando tasas reproductivas bastante parecidas (aunque por debajo) de las de la población natural. Se ha comprobado que también en las poblaciones introducidas de Jánovas e Inclusa, las hormigas polinizan a *Borderea chouardii* y dispersan sus semillas.

*Borderea chouardii* está catalogada como planta “en peligro de extinción” tanto en el catálogo aragonés como en el español de especies amenazadas, es especie de interés comunitario según la Directiva Hábitats y también está incluida en el Convenio de Berna. La acción de conservación principal del plan de recuperación es la protección estricta de los ejemplares y su hábitat, lo que se consigue aplicando el régimen de protección que la Ley del Patrimonio

Natural y la Biodiversidad otorga a las especies con esta categoría y declarando la zona Lugar de Importancia Comunitaria, que dará lugar a una Zona de Especial Conservación (ZEC). La fundación de poblaciones también es una de las acciones importantes del plan, junto con el seguimiento de la población natural, el refuerzo de la población natural mediante semillas, el envío de semillas a bancos de germoplasma para su conservación *ex situ* y acciones de divulgación.

## Introducción a la especie

*Borderea chouardii* es un geófito rupícola de pequeño tamaño, que habita roquedos verticales y desplomados en paredes calizas sombrías. Perteneció a la familia de las Dioscoreáceas, que se distribuye principalmente en áreas de clima tropical. Es un endemismo restringido a una sola población natural, localizada en un desfiladero del Pirineo central. Se la considera un paleoendemismo de enorme valor científico (Sainz-Ollero & *al.*, 1996).

Tiene un órgano de reserva, un tuberobulbo, con forma de pera de cuello alargado. De la base ancha salen un gran número de pequeñas raíces que penetran en las estrechas grietas y poros de la roca caliza. Este órgano se encuentra empotrado en las fisuras. Cada año, en primavera, brota un tallo verde, fino y voluble (excepcionalmente, más de uno), más o menos ramificado, con varias hojas acorazonadas. En otoño este tallo se seca, pero ya se ha formado junto a él una nueva yema que permanecerá cerrada hasta la primavera siguiente, en la que dará lugar a un nuevo tallo. Los puntos de inserción de los tallos antiguos quedan marcados y estas “cicatrices” son visibles, lo que permite, saber la edad. En tubérculos muertos se han medido varias veces individuos de más de 100 años, y como excepción se ha medido uno con más de 300 años (García & *al.*, 2002). Es, por lo tanto, probablemente la planta herbácea no clonal con mayor edad registrada en el mundo (García & *al.*, 2012).



**Figura 1.** Ejemplares de *Borderea chouardii*

Algunos individuos no emiten flores. Se trata de ejemplares juveniles y, con cierta frecuencia, hembras adultas que no se reproducen ese año en particular. Cuando emiten flores, éstas son de un solo sexo en cada individuo; es una especie dioica. La proporción de sexos es de aproximadamente el doble de machos que de hembras. Las flores de ambos sexos son verdes y muy pequeñas. El éxito reproductivo de *Borderea chouardii*, medido como el cuajado de frutos (*fruit-set*) y la tasa de producción de semillas por óvulos (*seed-set*) es bueno (García, 2003; García & al., 2012). Sin embargo, a lo largo de 17 años de seguimiento, se ha visto un declive significativo de dichas tasas (García & al., 2012).

Una vez formados los frutos, sus pedicelos crecen buscando una grieta en la pared (postcarpotropismo), de forma que las cápsulas puedan quedar encajadas en huecos o fisuras próximas a la planta madre, lo que hemos denominado autosiembra. Este mecanismo por sí sólo no es capaz de dispersar semillas a más de unos pocos centímetros.

Las hormigas tienen un papel clave en la reproducción de *Borderea chouardii*: hacen tanto de polinizadoras (*Lasius grandis*, *L. cinereus* y *Camponotus cruentatus*), como dispersantes de semillas (*Lasius grandis*, *L. cinereus* y *Pheidole pallidula*). Las hormigas obtienen alimento (néctar en las flores, elaiosoma en las semillas y en algunos casos la propia semilla) y la planta se beneficia fecundándose y colonizando lugares inaccesibles por otros sistemas de dispersión (autosiembra, viento, agua...) y a menudo con buenas condiciones (nidos de las hormigas); es por lo tanto una relación de mutualismo doble, muy pocas veces registrada en hormigas (García & al., 2012).

El hábitat de *Borderea chouardii* es muy específico: roquedos verticales o desplomados, de roca caliza, orientados al norte, con muy baja o nula incidencia directa de la luz solar.

También se ha estudiado, dentro del plan de recuperación, el microclima en la población. Tras diez años de toma de datos de temperaturas con ocho registradores cada media hora, se ha visto que dentro del congosto de Escales (Sopeira, Huesca), los desplomes ocupados por *Borderea chouardii* tienen un microclima significativamente diferente que el de otros cortados sombríos próximos no ocupados: donde está la planta, hay menos variaciones entre las temperaturas medias de los meses más cálido y más frío. Comparando entre el congosto de Escales y otros desfiladeros similares en los que se han colocado registradores en hábitats *a priori* potenciales, se ha visto que Escales es más árido y cálido, de inviernos más suaves, pero no se ha visto diferencia en la amplitud térmica entre los meses extremos. Estos resultados, junto con la comparación entre bioclima y resultados de germinación y supervivencia de plántulas sembradas (ver más adelante), nos han llevado a concluir que:

- a) El tipo de invierno no influye decisivamente sobre la germinación y la supervivencia de *Borderea chouardii*.



- b) Mayor temperatura media anual, mediterraneidad y aridez son desfavorables, estando el congosto de Escales en el límite de tolerancia de la planta para dichas variables.
- c) La amplitud de temperaturas entre los meses más cálido y más frío es el factor climático ante el que es más sensible *Borderea chouardii*. Los lugares donde puede establecerse esta planta tienen que tener (al menos a nivel microclimático) unos valores del índice de continentalidad (diferencias entre las temperaturas medias de los meses más cálido y más frío del año), más propios de climas oceánicos que de un clima mediterráneo continental como el que predomina fuera de los roquedos sombríos del congosto de Escales.



**Figura 2.** Hábitat de *Borderea chouardii*

Conforme han ido pasando los años y se ha ido desarrollando el plan de recuperación, se ha mejorado sensiblemente el método de censo y el conocimiento sobre el tamaño poblacional. El último censo completo fue realizado en 2010, contando con prismáticos y aplicando el método de los factores de corrección (Goñi & al., 2006); los resultados de este censo arrojan una estimación global de 9.669 individuos, pero el error del método sólo permite precisar como límites de confianza al 95% entre 6.931 y 12.407

individuos. La población tiene dos núcleos: uno situado por debajo de la carretera nacional, y otro por encima de ella; estos dos núcleos contienen el 24% y el 76% de la población respectivamente. Pese a estar separados solamente por un centenar de metros (dos barrancos paralelos), se pueden considerar dos subpoblaciones. Entre ellas, debido al sistema de polinización y dispersión por hormigas, que es de corto alcance, no hay apenas flujo génico. Así lo sugieren los resultados del estudio genético de la especie (Segarra & *al.*, 2005).

En la población natural se ha realizado desde 1995 un seguimiento de las plantas accesibles; en algunos sectores, se utilizaron andamios para acceder a ellas. El sistema de seguimiento ha sido individuo por individuo, y ha servido para hacer análisis demográficos muy detallados. Éstos, han concluido que la dinámica poblacional de *Borderea chouardii* es muy estable, con tasas de mortalidad muy bajas y también con muy bajo reclutamiento. La supervivencia de los adultos es el proceso demográfico más influyente en la tasa de crecimiento de la población, en la que la incorporación de semillas o plántulas, aunque no deja de ser necesaria, apenas influye (García, 2003). Esto se debe a la extraordinaria longevidad que pueden alcanzar los individuos de la especie.

El desfiladero en el que se encuentra la población está en el eje carretero que une España y Francia por el Valle de Arán, a través del Túnel de Viella. La carretera cruza el desfiladero mediante una decena de túneles horadados en los estratos de roca caliza. También hay, aprovechando el estrechamiento del valle en el cañón, una presa (la presa de Escales) de grandes dimensiones, y en cuya construcción también se afectó a los roquedos: algunos se utilizaron como canteras para obtener material de construcción, y otros han sido tapados por los estribos de la presa y, hacia el norte, inundados por el embalse. Varios tendidos eléctricos y de telefonía cruzan el desfiladero. En concreto, la carretera parece haber supuesto en el pasado cierta merma de la población de *Borderea chouardii*, y de su hábitat potencial (Montserrat, 1987).

Siendo uno de sus puntos débiles la existencia de una sola población, en 2003 se comenzó un programa de fundación de nuevas poblaciones (Goñi, 2006 y 2011). Desde 2004 hasta 2013, son ya nueve años de seguimiento de estas poblaciones introducidas. En un capítulo posterior se detallan la metodología y los resultados de esta acción.

## Mapa de distribución

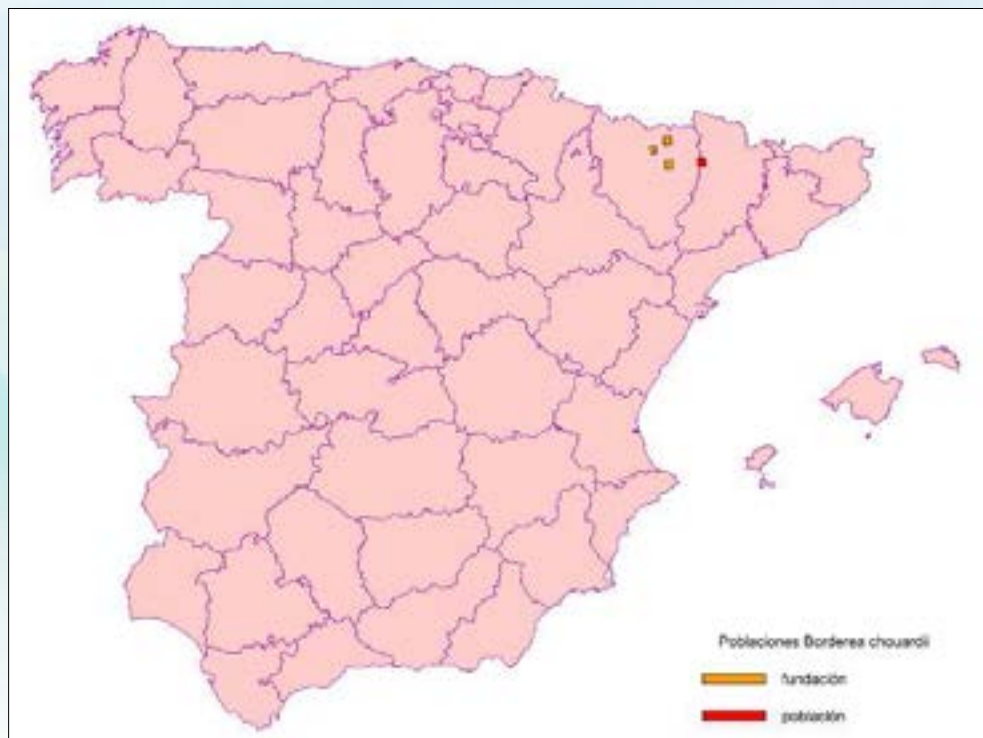


Figura 3. Mapa de distribución de *Borderea chouardii*

## Seguimiento demográfico en la población natural

En la población natural (Sopeira, Huesca) se han monitorizado tres áreas:

- Barranco (Figura 4): una sección de muro de 3x6 m, desde 1995 hasta 2013. Para acceder a las plantas se utilizan andamios sencillos: tabloncillos apoyados sobre unos anclajes de hierro insertados en la roca.
- Cueva: el techo de una cueva abierta, 3x10 m, desde 1997 hasta 2003. Se utilizó un andamio bastante complicado construido *in situ* para este uso. Después de 2004 ya no se ha vuelto a instalar, por problemas logísticos.
- Cantera (Figura 2): Un largo trecho de la base del muro principal del núcleo superior, de unos 3x100 m, en seguimiento desde 2006 hasta 2013. Se accede a las plantas a pie por una glera.



En cada una de estas áreas, se numeraron los individuos accesibles. Además de mapearlos a todos utilizando croquis detallados, muchos de ellos fueron marcados en la roca mediante 3 métodos distintos; el sistema más fiable ha resultado ser el de una tira de *dymo* sujeta con silicona transparente. Una vez localizados, cada año se anotó la presencia de cada individuo, y algunas variables sobre su estado, tamaño y reproducción, datos necesarios para estudiar la dinámica poblacional mediante modelos matriciales (García, 2003).

**Figura 4.** Área de seguimiento del barranco.



**Figura 5.** Plantas de *Borderea chouardii* en seguimiento; sistema de marcaje.

El análisis con modelos demográficos basados en conteos se realizó tal y como se describe en el apartado metodológico general.

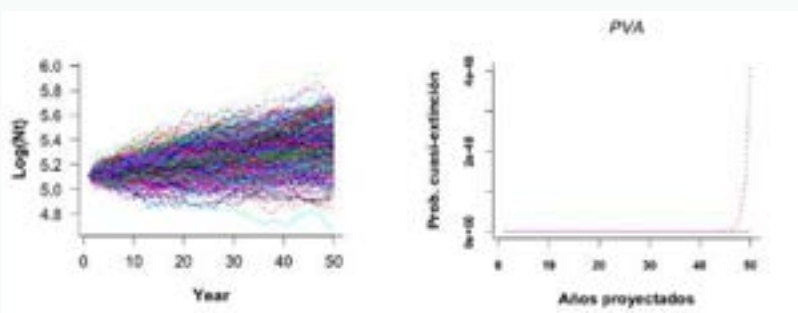
### Resultados del modelo basado en conteos

Se ha analizado el conjunto de datos del área de censo del barranco, por ser la que presenta la serie temporal más larga, iniciada en 1995 (Figura 6). Cuenta con poco más de 150 individuos en seguimiento. La tasa de crecimiento fue de  $\mu=0,005$  (varianza 0,006), que no difiere significativamente de  $\mu=0$ . Por tanto, a la escala temporal analizada no se puede decir que la especie se encuentra en regresión en ese núcleo, sino simplemente estable desde un punto de vista demográfico.



**Figura 6.** Tasas de crecimiento ( $\lambda=N_{t+1}/N_t$ ) de las 18 transiciones interanuales ocurridas desde 1995 hasta 2013 en el área de censo del barranco, en la población natural de *Borderea chouardii*.

El riesgo de cuasi-extinción en los próximos 50 años resultó ser nulo (Figura 7), lo esperable dada la estabilidad demográfica de un núcleo con un tamaño poblacional no excesivamente pequeño.



**Figura 7.** Proyecciones estocásticas y riesgo de extinción de *Borderea chouardii*, basado en los conteos en el núcleo barranco

## Nuevas poblaciones. Fundación y seguimiento

En 2003 se inició el programa de fundación de nuevas poblaciones. Desde entonces, se han sembrado semillas en cinco localidades, hasta otoño de 2012: Chiriveta, Olvena, Jánovas, Inclusa y Entremón, todas en la provincia de Huesca (Tabla 1).

Año	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Totales por población
Chiriveta	334	204									538
Olvena	319	216	165	83	83						866
Jánovas	315	187	167	84	82	202	130	106		50	1323
Inclusa				82	85	104	66			50	387
Sopeira				39	57	103	67	70			336
Entremón										138	138
Totales anuales	968	607	332	288	307	408	263	176	0	238	3588

**Tabla 1.** Cronograma de las siembras y cantidad de semillas sembradas cada año en cada población y en el conjunto

Las semillas se sembraron por lotes, de entre 5 y 15 semillas en cada grieta. Se utilizaron pinzas, introduciendo las semillas una a una. Año tras año, se han visitado todos los puntos de siembra más de dos veces al año. Las plántulas aparecidas, se han numerado en croquis o fotografías para su localización exacta. El año de aparición de la plántula, se asigna al punto de siembra correspondiente y se mide la distancia hasta el lugar de emergencia. Anualmente, tras localizar cada uno de los individuos, se han anotado su estado (vegetativo, macho o hembra), su tamaño (nº de hojas, longitud y anchura de la hoja más grande), el número de flores y, en el caso de las hembras, número de frutos y número de semillas de forma individual, como en el seguimiento de la población natural.

En las poblaciones introducidas, la tasa de germinación se ha medido en cada población y año. Se han calculado las tasas de supervivencia anuales para cada cohorte y luego se ha realizado el promedio entre cohortes, ponderando según número de individuos de cada una. En Jánovas se han promediado ocho cohortes y en Inclusa y Sopeira seis. Las tasas reproductivas que se han podido medir en las poblaciones introducidas son la proporción de reproductores (machos y hembras), el número de flores de ambos sexos, el *fruit set* y el *seed set*.

Para analizar el efecto de la dispersión se diferenciaron las plántulas dispersadas (aparecieron a más de 10 cm del punto de siembra) de las no dispersadas (aparecieron en un radio de 10 cm del punto de siembra correspondiente). Se realizaron pruebas no paramétricas (U Mann-Whitney) para comparar las tasas de supervivencia a diferentes edades, entre el grupo de dispersados y el de no dispersados.

## Resultados en las poblaciones introducidas

La germinación de semillas ha sido muy diferente según poblaciones (Fig. 8). Se puede decir que hay tres localidades que han demostrado buenas condiciones para la germinación y otras tres con malas. Sin embargo, también ha sido alta la variación entre años dentro de las mismas poblaciones (coeficientes de variación de entre el 40% y el 91% en las buenas). Además de la influencia de la meteorología, hay otro factor que parece haber provocado esa variabilidad interanual tan alta: la pérdida de lugares idóneos (grietas) para la siembra, ya que los primeros años se usan las mejores. De las 303 plántulas emergidas en todo el programa de fundación, el 91,4% lo hicieron al siguiente año de la siembra, y el resto al segundo, tercer y cuarto año, disminuyendo el porcentaje con los años.

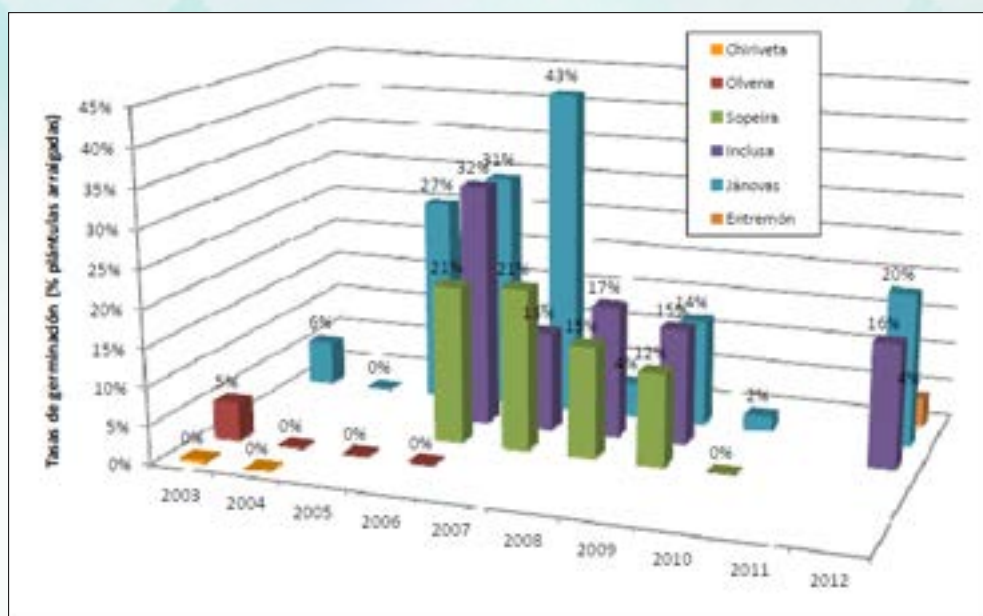


Figura 8. Tasas de germinación obtenidas en el programa de fundación de nuevas poblaciones.

En las poblaciones de Olvena y de Chiriveta no han sobrevivido plántulas, por lo que las consideramos localidades no aptas. En la localidad de Entremón aún no ha pasado un año para poder ver cuántas plántulas sobreviven. En las localidades “buenas” los resultados de supervivencia son bastante satisfactorios, ya que a partir del año 1 casi todas las tasas son superiores al 80%. Destaca la población de Jánovas, en la que las tasas de supervivencia son superiores al 90% a partir del segundo año.

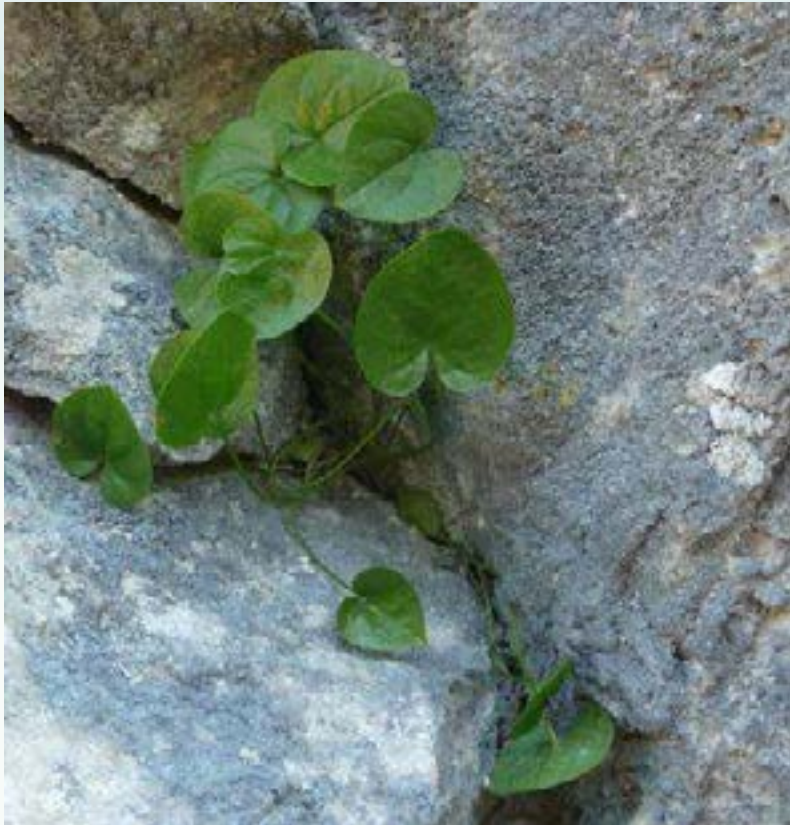
En la fundación de nuevas poblaciones, uno de los resultados más destacados es el de haber obtenido individuos reproductores. Tanto machos como hembras han sido muy precoces (han florecido con 3 a 6 años). La fertilidad de las poblaciones introducidas

en 2013 es algo inferior a la obtenida en la población natural ese mismo año (ver tabla 2). A pesar de ello, hay que considerarlos buenos resultados, puesto que son aún individuos muy jóvenes. Además, es muy importante constatar el papel como polinizadoras jugado por las hormigas también en Jánovas.

	N machos	N hembras	sex ratio	frutos/hembra	fruit set	seed set
Poblaciones introducidas	13	7	1,7	0,85	71%	40%
Población natural	(3160*)	(1317*)	(2,4*)	1,37	73%	60-69%

(\*) Valores obtenidos de las estimaciones para el censo general hechas en 2010.

**Tabla 2.** Datos reproductivos de las poblaciones de *Borderea chouardii* en 2013.

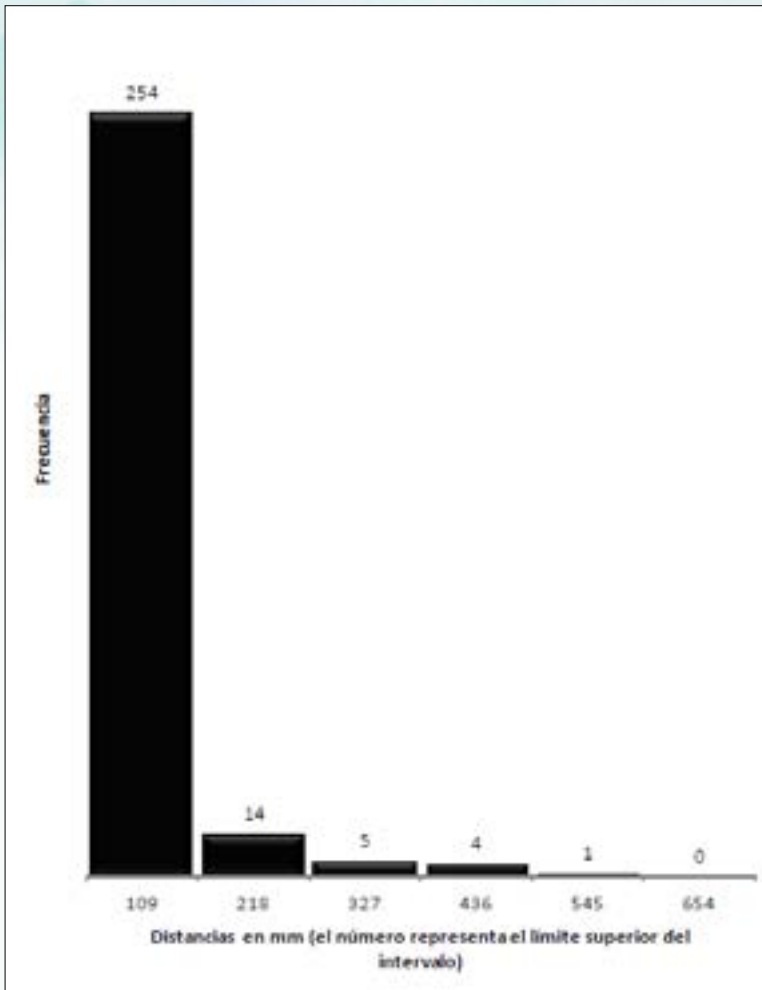


**Figura 9.** Hembras y machos sembrados artificialmente, en la población fundada en Jánovas.

En las poblaciones introducidas se han medido las distancias desde los puntos de siembra hasta el lugar en el que emergen las plántulas. Casi todas (90%) aparecen en un entorno de 10 cm, y las consideramos plántulas “no dispersadas”. El otro 10% son plántulas de semillas que han sido alejadas de alguna forma desde el punto de



siembra, hasta un máximo de 545 mm (Fig. 10). Ya desde primavera de 2004, cuando se vio esta plántula desplazada casi 60 cm del punto de siembra, y en una posición de la roca algo más elevada (Fig. 11), se tuvo la constatación de que había dispersión secundaria por algún agente animal; los posteriores experimentos realizados en la población natural (García & *al.*, 2012) han confirmado a las hormigas como los dispersores secundarios de *Borderea chouardii*. Entre las plántulas dispersadas y no dispersadas en las poblaciones introducidas, sólo se ha visto una leve diferencia (poco significativa) en la tasa de supervivencia del primer al segundo año, menor en las plántulas dispersadas. Por lo tanto se puede concluir que la dispersión secundaria por hormigas también funciona en Jánovas e Inclusa.



**Figura 10.** Frecuencias de la distancias entre los puntos de siembra y de emergencia de plántulas, en las poblaciones introducidas de *Borderea chouardii*.



**Figura 11.** Primera observación de dispersión necesariamente por zoocoria de *Borderea chouardii*.

	Total	plántulas	vegetativos	machos	hembras
	133	23	90	13	7
Entremón	5	5	0	0	0
Inclusa	36	8	25	3	0
Jánovas	71	10	49	6	6
Sopeira	21	0	16	4	1

**Tabla 3.** Estructura de las poblaciones introducidas de *Borderea chouardii* en 2013

## Conservación

### a) Categorías de amenaza y Normativas

- En peligro de extinción, Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (Anónimo, 2005).
- En peligro de extinción, Catálogo Español de Especies Amenazadas (Anónimo, 2011).
- Especie de interés comunitario según la Directiva Hábitats en sus Anexos II, prioritaria, y IV (Anónimo, 1992).
- Incluida en el Anexo I del Convenio de Berna, 1997.

### b) Actuaciones de conservación realizadas.

Un adecuado seguimiento, como parte de las labores de conservación, no solo es básico para el diagnóstico sobre el estado de una especie sino que también permite

conocer bien la planta, y sus circunstancias, para diseñar unas adecuadas medidas de gestión. Y en el caso de *Borderea chouardii*, los trabajos de seguimiento han servido para definir acciones de conservación. Esta fue la primera planta europea con un plan de recuperación aprobado oficialmente, en 1994, y su revisión (Anónimo, 2010) se beneficia de este trabajo y, en consecuencia, propone continuarlo. Hay que destacar que este documento es la herramienta básica para este objetivo.

A las limitaciones naturales de la planta: muy estenoica, distribución reducida, mecanismo de dispersión ineficaz para colonizar hábitats potenciales próximos, hay que sumar varias amenazas y algunas presiones. La posible ampliación de una carretera y la práctica de la escalada son causas artificiales de riesgo. Asimismo la fragmentación natural de la roca ha afectado a unos pocos ejemplares. Tampoco es previsible que el calentamiento global en el que estamos inmersos favorezca su futura situación. Su gran longevidad y la estabilidad demográfica hace que la baja tasa de reclutamiento no le afecte a corto plazo pero, al mismo tiempo, hace muy lenta su respuesta ante cualquier perturbación.

Tras analizar todo lo anterior, se vienen ejecutando diferentes medidas promovidas por el Gobierno de Aragón. La estricta conservación de los ejemplares y su hábitat, más la fundación de nuevas poblaciones son las básicas. Las actuaciones que propone el mencionado plan de recuperación son, además, búsqueda de nuevos individuos y poblaciones; reforzamiento de la población de Sopeira; monitorización de la población original; conservación de semillas en bancos de germoplasma; apoyo de la investigación científica; además de aspectos sociales relacionados con la educación ambiental y la vigilancia de la especie más unas importantísimas regulaciones (García & al. 2007).

Los primeros objetivos se consiguen, en primera instancia, a través de un régimen de protección para los individuos en todas las fases de su ciclo vital otorgado por la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Anónimo, 2007), junto con la protección de su hábitat, en este caso en un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) que dará lugar a una Zona de Especial Conservación (ZEC). Todo ello se realiza con medidas normativas y de vigilancia que no suelen destacarse como “acciones de conservación” pero, más en este caso, son insustituibles.

De hecho, aquí se plantearía una aparente paradoja: si en teoría se protege la planta y su hábitat, se mejora el estatus de conservación y por ello se reduce su categoría de amenaza (aplicando criterios de la UICN). En consecuencia, ya no sería necesario un régimen de protección. Pero si se relajara esa protección, la planta pasaría a estar amenazada y, en el peor de los casos, podría desaparecer si se concretaran ciertos proyectos. La fácil solución a esta paradoja pasa por mantener el régimen de protección, a pesar de que se derive una categoría de UICN de menor amenaza, un argumento para no confundir la naturaleza de las listas rojas y de los catálogos de especies amenazadas.

Otro conjunto de acciones son las encaminadas a conseguir nuevas poblaciones, ampliando su área de distribución. Se incide así sobre el punto más limitante de su ciclo vital: el ineficaz sistema dispersivo a larga distancia (García & *al.*, 2007). Gracias a muchos años de estudio se han podido seleccionar los lugares adecuados, tanto a escala de localidad como de micro-sitio, el material biológico más idóneo, las fechas más eficaces, etc. Como ya se ha señalado, las primeras siembras se iniciaron en 2003 y se ha probado en varios lugares. Actualmente hay dos en los cuales ya se encuentran casi dos decenas de ejemplares reproductores. Sin lugar a dudas es una labor esperanzadora, pero con resultados a muy largo plazo, por lo que se debería mantener en el tiempo.

Estos trabajos se combinan con refuerzos en la población natural mediante semillas que se perderían al no autosembrarse naturalmente. Ello presenta un ejemplo de medida que, sin actuar sobre variables con trascendencia demográfica, es fácil de llevar a cabo en el marco de los trabajos habituales con muy poco esfuerzo añadido, lo que la favorece en un análisis coste-beneficio.

Otra parte de las semillas recolectadas es enviada a bancos de germoplasma para su preservación. Desde 1997 hasta la última campaña de trabajos realizada, 2013, y con intención de continuidad, se han recogido semillas que han sido enviadas a los bancos de germoplasma de la Universidad Politécnica de Madrid, Jardín Botánico de Valencia, Jardín Botánico Atlántico de Gijón, Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées en Bagnères-de-Bigorre (Francia), Millenium Seedbank de Kew Gardens (Reino Unido) y a diferentes instalaciones del propio Gobierno de Aragón (Vivero de Ejea y Servicio de Investigación Agraria). En total se han enviado más de 5700 semillas para su preservación con fines de conservación y, en menor medida, de investigación.

Por último, no hay que desmerecer las acciones relacionadas con la divulgación (edición de folletos, preparación de artículos de diferente índole, charlas en varios contextos) y la difusión de los resultados científicos, en foros más académicos, que dan a conocer esta especie y su problemática para conseguir aptitudes más favorables para la conservación de esta planta como elemento único de nuestro patrimonio natural.

## Equipos de censos y seguimiento

Coordinación: Javier Puente Cabeza, David Guzmán, Julio Guiral.

Equipo de Censo: M<sup>a</sup> Begoña García (población natural), Daniel Goñi (poblaciones introducidas).



**CYPRIPEDIUM CALCEOLUS**





## Resumen

*Cypripedium calceolus* es una hierba perenne, con un rizoma que pervive décadas y del que salen los brotes aéreos, en número muy variable. Estos brotes tienen unas pocas hojas anchas, y algunos una flor en el ápice. La flor es muy grande y vistosa, de color marrón y amarillo, y tiene una forma peculiar que le sirve como una trampa para insectos, que una vez en ella se ven obligados a realizar unos movimientos que aseguran la polinización cruzada. Las flores fecundadas dan lugar a unos frutos (cápsulas) con miles de semillas diminutas, pulverulentas, que se esparcen mediante el viento a principios de otoño y que tienen una bajísima probabilidad de germinar. El hábitat de *Cypripedium calceolus* es variado: bosques de varios tipos, claros de bosque, prados, pastos, bordes de prados encharcados. Todos tienen altas precipitaciones anuales y aporte de agua de fusión de nieve, son suelos bien drenados y se desarrollan sobre sustratos calcáreos. La distribución de esta especie es eurosiberiana, teniendo en el Pirineo su el límite suroccidental. En España hay 11 poblaciones, seis en Aragón y cinco en Cataluña.

Las poblaciones aragonesas son muy desiguales en tamaño. Tres de ellas no llegan a 10 individuos, mientras que las otras tres (Sallent, Tormosa y Pineta) casi alcanzan o sobrepasan ampliamente el millar. Desde 1997 se censan todas las poblaciones en Aragón, contando directamente todos los pies (tallos). Los censos totales han ido generalmente en aumento, a menudo por el descubrimiento de nuevos grupos o núcleos de las poblaciones. En las "áreas de censo", que equivalen a parcelas de seguimiento, de las 3 poblaciones principales, los modelos demográficos basados en conteos indican que la población de Tormosa se encuentra creciendo significativamente y la de Sallent crece ligeramente, pero no difiere significativamente de la estabilidad. Estas dos poblaciones tienen un riesgo de extinción nulo en las próximas décadas. La de Pineta, sin embargo, ha presentado más fluctuaciones y un considerable retroceso en los últimos años, causado por la herbivoría, lo que conlleva un riesgo de extinción de un 20% en los próximos 50 años. Los vallados que se han colocado para excluir los herbívoros, han mejorado ligeramente la tendencia poblacional en su interior, por lo que provisionalmente pueden considerarse una buena medida.

*Cypripedium calceolus* está catalogado como especie en peligro de extinción en Aragón, Cataluña y en el conjunto de España; es especie de interés comunitario según la Directiva Hábitats y está incluida en el Convenio de Berna. La administración aragonesa ha aprobado un plan de recuperación para él. La principal medida de conservación es la protección pasiva, que le otorga la Ley de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, así como las figuras de protección de los espacios en que se encuentra (Parque Nacional y LICs). En

la población de Sallent se contratan anualmente educadores ambientales que guían a las visitas (más de 1.800 visitantes cada año en el mes de junio) y vigilan la población, con muy buenos resultados. En la población de Pineta se han instalado vallados cuyos efectos aún están por valorar definitivamente, pero al parecer son una buena medida. Los esfuerzos por su propagación *ex situ*, con el fin de reforzar alguna de las poblaciones de menos de 10 individuos, no han dado aún resultados positivos, aunque se ha avanzado mucho en el manejo de esta especie muy difícil de cultivar. El zapatito es una de las plantas raras o amenazadas más conocida, tanto por la divulgación de sus esfuerzos de conservación, como por su utilización como icono en multitud de folletos turísticos, guías de plantas, publicaciones naturalistas, etc.



## Introducción a la especie

*Cypripedium calceolus* es una hierba perenne, con un rizoma subterráneo del que emergen anualmente tallos de 10-50 cm de alto, con 3-5 hojas anchas, y que en algunos casos llevan en el ápice una inflorescencia; generalmente con una flor solitaria, a veces dos.

El rizoma es el órgano más importante en el ciclo vital de esta especie. Constituye la unidad genética; pervive décadas, llegando a poder vivir más de 350 años (Nicolè & *al.*, 2005). Este rizoma tiene entre 0,4 y 0,9 cm de diámetro; crece y se ramifica en un plano horizontal, a unos 10 cm por debajo de la superficie. De él salen raíces largas y carnosas, de hasta 2 mm de diámetro que no se ramifican y pueden alcanzar 50 cm de longitud. En el extremo del rizoma se forman anualmente dos yemas, una de las cuales se desarrolla al año siguiente alargando el rizoma. La otra yema puede, según las circunstancias, crecer también (ramificación), ese mismo año o en posteriores; aunque lo más habitual es que permanezca dormante hasta su muerte, 15-20 años después. A lo largo de este rizoma se disponen yemas de crecimiento, de las que brotan los pies aéreos (Kull, 1999).

En nuestra zona los tallos emergen a finales de mayo y crecen muy rápido; algunos de ellos producen flores, que duran unos 10-15 días, y algunas de ellas fructifican. Todas estas fases ocurren durante un mes (por lo general segunda mitad de mayo y primera de junio). Después, los pies se mantienen verdes (algunos de ellos con frutos, tipo cápsula, también verdes), todo el verano hasta mediados o finales de septiembre. Con las primeras heladas, los pies de *Cypripedium calceolus* empiezan a amarillear y paulatinamente se produce la senescencia y necrosis, primero de los pies más pequeños y finalmente de los mayores. En noviembre solo quedan restos necrosados de tallos reproductores. A principios del verano, justo después de la floración y fecundación, se forman las yemas de crecimiento que darán lugar a los brotes de la temporada siguiente. Hemos visto que en estas yemas, ya está predeterminado en julio si la yema va a producir un brote reproductor o uno vegetativo al año siguiente (Goñi, 1998).

La flor de *Cypripedium calceolus* es el órgano que más llama la atención y que ha hecho célebre a esta especie. Presenta la estructura típica de la subfamilia *Cypripedioideae*, dentro de las orquídeas. Tiene los tépalos de color marrón rojizo, lanceolados, y un gran labelo inflado, de color amarillo. Este labelo tan característico es el que ha motivado la mayor parte de sus nombres populares: zuecos, zapatitos de dama, *sabot de Venus*, etc. Su forma es una adaptación para asegurar la polinización cruzada que realizan los insectos. Éstos entran atraídos por fragancias y unas falsas guías nectaríferas; una vez dentro del labelo, ya están en la trampa. Ésta funciona así: el reborde hacia adentro y la estrechez de la entrada impide la salida por ese mismo orificio. Al insecto no le queda más remedio, entonces, que buscar la salida que le ofrece la flor: la ruta de escape está en la estrecha base del labelo, por la que se tiene que arrastrar el insecto, tocando necesariamente el estigma. Una vez pasado este estrechamiento, hay dos posibles

salidas, a ambos lados de la columna, y para salir por cualquiera de ellos, el insecto tiene que forzar el paso bajo una de las dos anteras, llevándose así algo de polen. Los insectos que más frecuentemente polinizan a *Cypripedium calceolus* son abejas del género *Andrena*. Otros insectos visitan las flores y pueden destruirlas (escarabajos, abejorros y orugas) o quedar atrapados en ellas y morir (no es raro encontrar dípteros u otros insectos muertos dentro de las flores).

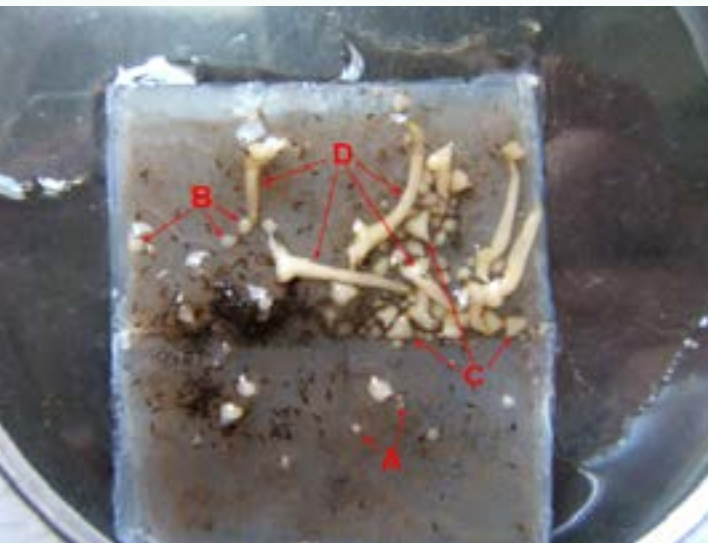


**Figura 12.** Flor de *Cypripedium calceolus* en hábitat de bosque.

Polinizaciones manuales han mostrado que la planta es autocompatible, pero la fertilidad en condiciones normales está limitada por la disponibilidad de polen. El éxito reproductivo en términos de cuajado de frutos por flor es bastante variable en su área de distribución: se han reportado valores desde 4% (distrito de Moscú) hasta 57% (Bielorrusia), y un estudio durante 11 años en Estonia dio una media de 10,5% (Kull, 1999). En las poblaciones aragonesas, también se refleja esa alta variación, con medias de *fruit set* entre años de 43,7% en Pineta (15 años) 20,7% en Sallent (17 años), 13,7% en Tormosa (9 años) o 48% en Soaso (2 años).

Las semillas de *Cypripedium calceolus* son pequeñas y pulverulentas, que se dispersan mediante el viento. En cada cápsula hay alrededor de 7.000 semillas (pudiendo variar entre 6.000 y 16.000). Desde la germinación de la semilla hasta la emergencia de una plántula, se da un complicado proceso subterráneo que dura unos cuatro años (Rasmussen, 1995). El embrión se transforma en protocormo, que pasa por varias fases hasta que tiene ya una estructura de rizoma horizontal, raíces hacia abajo y yemas apuntando hacia arriba. El desarrollo del protocormo se realiza mediante nutrición heterótrofa gracias a la micorrización.

En Aragón se realizaron experimentos de germinación *in situ* (Goñi, 2006). Se sembraron un total de 226.235 semillas embolsadas y se fueron retirando para su observación a lo largo de cuatro años. El resultado fue que solo 147 se habían desarrollado en alguna fase de protocormo, lo que supone una tasa de germinación de 0,65 por mil. Se comprobó también que las semillas pueden permanecer dormantes y viables hasta tres años. No se pudieron establecer relaciones entre la germinación y los factores ecológicos.



**Figura 13.** Diferentes fases del desarrollo de la fase micohetrótrofa (subterránea) de *Cypripedium calceolus*. A) Fase 1, los embriones empiezan a crecer; B) Fase 2, los embriones siguen creciendo en un eje que ya presenta dos polos bien diferenciados (forma de peonza); C) Fase 3, aparece un nuevo eje y el protocormo toma una forma triangular; D) Fase 4, el crecimiento en el eje horizontal toma predominancia sobre los otros, y se establecen los tres polos de crecimiento: el horizontal (alargamiento del rizoma), el geotrópico positivo (raíz) y el geotrópico negativa (yemas, parte aéreas).

El hábitat de *Cypripedium calceolus* es variado: bosques de coníferas y de caducifolios (la mayoría), pastos y prados subalpinos y montanos, matorrales abiertos y gran variedad de situaciones intermedias entre el bosque y los prados (Kull, 1999). Suelen establecerse en suelos con sustrato calcáreo, con aporte de humedad abundante y a la vez bien drenados. En Aragón se da una muestra bastante representativa de esta variedad. Bosques de hayas (*Fagus sylvatica*), bosques aluviales mixtos de caducifolios, bosques aluviales de sauces (*Salix* spp.) y abedules (*Betula* sp.), pinares de pino royo (*Pinus sylvestris*), matorrales y pastos subalpinos, pastos mesófilos invadidos por erizón (*Echinopartium horridum*), pastos montanos y prados encharcados dominados por *Molinia caerulea* son los tipos de hábitat en los que se asientan los núcleos de las seis poblaciones del Pirineo aragonés. En el Pirineo catalán, a excepción de una localidad que se asienta en un matorral denso de boj (*Buxus sempervirens*) y enebros (*Juniperus communis*), el resto de los núcleos habitan en bosques poco densos de pinos rojos y hayas, con poco sotobosque, en laderas umbrías (Aymerich, 2001). A pesar de la diversidad de ambientes, algunas características comunes a todas las poblaciones ibéricas son: el sustrato es de roca calcárea y las precipitaciones anuales superan los 1.000 mm; el aporte de humedad, no solo de la lluvia sino también de la nieve, que permanece hasta bastante tarde, es importante; a pesar de ello son suelos bien drenados.

La distribución de esta especie es amplia: se reparte por la región eurosiberiana, desde Escandinavia y Gran Bretaña en el norte hasta el noreste de la península Ibérica y norte de Italia por el sur; desde Europa occidental hasta Siberia. Las poblaciones peninsulares marcan el límite suroccidental de distribución de la especie.

En la península Ibérica hay 11 poblaciones de *Cypripedium calceolus*: cinco en Cataluña (Aymerich, 2001 y 2012; González-Prat & al., 2002) y seis en Aragón (ver tabla 4). Queda así bastante ampliada la información recopilada en el proyecto AFA (Guzmán & Goñi, 2003). En los capítulos posteriores se explicarán las metodologías y los resultados de los sucesivos censos realizados en las poblaciones aragonesas desde 1997 hasta 2013, ya que en las poblaciones catalanas los datos se han recogido más fragmentadamente, y no se han realizado seguimientos sistemáticos que nos permitan realizar este tipo de análisis.

Población	Provincia	Altitud	Cita bibliográfica	Nº individuos (rametes)	Año de censo
Rasos de Peguera	Barcelona	1430	Aymerich, 2001	585	1999
Catllaràs central	Barcelona	1460-1550	Aymerich, 2001	276	1999
Catllaràs oriental	Barcelona	1250-1400	Aymerich, 2001	649	1999 (parte en 1997)
Macizo de Tubau	Girona	1400	González-Prat et al., 2012	6*	2012
Tossal de l'Àliga	Girona	1200-1500	Aymerich et al., 2012	66**	2012
Sallent	Huesca	1450-1650	Datos propios	3358	2013
Ordesa	Huesca	1350	Datos propios	2	2013
Pineta	Huesca	1150-1250	Datos propios	953	2013
La Sarra	Huesca	1530	Datos propios	2	2013
Tormosa	Huesca	1900-2000	Datos propios	1146	2013
Soaso	Huesca	1750	Datos propios	11	2013

**Tabla 4.** Poblaciones de *Cypripedium calceolus* en España.

(\*) Censo de 2012, (González-Prat, com. pers.)

(\*\*) Censo de 2012, realizado por el Grup d'Orquídiades del Ripollés (González-Prat, com. pers.)

## Características de las poblaciones aragonesas

La población de Sallent es la más grande y ocupa en su mayor parte un hayedo bastante joven, aunque también tiene núcleos en pasto abierto, en áreas de arbustos y árboles jóvenes colonizando, en prados encharcados de *Molinia coerulea* y en claros de abedular. Se sitúa entre 1450 y 1650 m.s.n.m. Además, resulta muy conocida y visitada durante la floración.

La población de Ordesa se encuentra en un estado crítico, con tan solo dos pies vegetativos los últimos años, aunque ha llegado a tener en el período de seguimiento, desde 1999, hasta un máximo de ocho pies, siempre vegetativos. Estos formaban parte de dos únicos genotipos (un genotipo con dos pies y otro con seis; Torres & al., 2002). Se localiza en un hayedo.

La población de Pineta se encuentra repartida por nueve núcleos del fondo del valle. Seis de ellos son muy pequeños (menos de 10 individuos). Los principales se

encuentran dos en bosque aluvial mixto y uno en pinar royo algo abierto (semisombra) en la llanura de inundación. Los del bosque han sufrido en los últimos años frecuentes episodios de herbivoría, lo que ha provocado una merma de sus efectivos.

La población de La Sarra consta de menos de cinco tallos (probablemente un solo clon), en el borde de una pista forestal que atraviesa un pinar royo con sotobosque dominado por boj.

La población de Tormosa se encuentra en una faja (repisa inclinada entre roquedos verticales) a unos 1.900 m de altitud. La vegetación es un mosaico de pastos calcícolas mesohigrófilos subalpinos y matorral subalpino de *Salix pyrenaica*. Es abundante la flor de nieve (*Leontopodium alpinum*). Es una población descubierta recientemente, y aún se están descubriendo nuevos grupos, casi cada año.

La población de Soaso está en el Valle de Ordesa y se descubrió en 2010. Solo tiene un grupo (probablemente un solo clon) con los pies muy juntos; se encuentra en zona abierta, sin arbolado, en un mosaico de pastos mesófilos altimontanos y matorral de erizón.



**Figura 14.** Grupo de *Cyripedium calceolus* en hábitat de pasto soleado. Faja Tormosa.

En el período de 1997 a 2003 se realizó un seguimiento individualizado de tallos en parcelas de Sallent y de Pineta, además de los censos de toda la población. El análisis de estos datos mediante modelos matriciales dio como resultado que ambas poblaciones se encontraban estables o en ligero crecimiento, con tasas siempre por encima de 1, y no se encontraban peor que las poblaciones centroeuropeas, a pesar de que las pirenaicas están en el borde del área de distribución (García & *al.*, 2010).



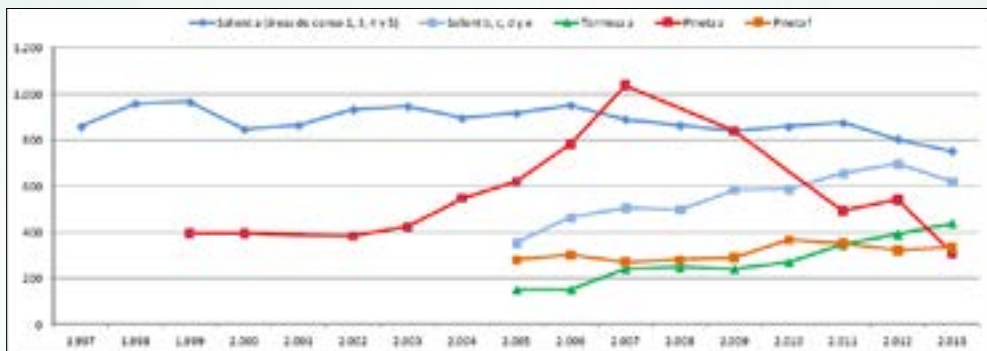
**Figura 15.** Mapa de Distribución de *Cypripedium calceolus* en España

### Metodología de seguimiento

Las poblaciones aragonesas se han censado cada año desde 1997, por el método de conteo directo de todos los individuos. La unidad censada ha sido el pie (o tallo). Unas veces estos pies crecen separados entre sí (sobre todo en los bosques más sombríos) pero otras lo hacen en grupos densos (sobre todo en los ambientes soleados). En todo caso, los datos de conteo se han organizado tomando como unidad el “grupo”, y anotando, para cada uno, el número de pies, su estado y el número de flores producidas o abortadas por reproductor. Los grupos no tienen significado biológico ni ecológico, tan solo son una forma de encontrar los ejemplares a partir de un croquis donde están dibujadas las posiciones de estos grupos.

Los guardas forestales, educadores empleados en la vigilancia, aficionados a la fotografía, a la botánica y los mismos encargados de los censos han ido encontrando nuevos grupos a lo largo de todos estos años. A veces han sido nuevas poblaciones, nuevos núcleos (áreas cartografiables por separado) o simplemente nuevos grupos en los bordes de los núcleos conocidos o en lugares poco transitados dentro de éstos. Debido a estos descubrimientos, los censos totales en las poblaciones grandes y en buen estado han ido aumentando en general. Por ello, la comparación de estos censos totales de un año a otro no puede servir para estimar la tasa de crecimiento poblacional ya que no se deben a un aumento de individuos sino a un mejor conocimiento del área de ocupación.

Para poder hacer correctamente los análisis demográficos basados en conteos, se han seleccionado, de entre todas las áreas conocidas, aquellos sectores mejor escrutados desde el principio, a los que hemos llamado “áreas de censo”. Estas áreas de censo equivalen a parcelas de seguimiento, en las que la precisión del conteo es buena, el error de observación está minimizado y, por lo tanto, los sucesivos censos sirven para establecer tasas de crecimiento y poder analizar la viabilidad de las poblaciones. Para realizar estos análisis, se ha seguido la metodología de los modelos basados en conteos (Dennis & *al.* 1991) que ya se ha explicado antes.

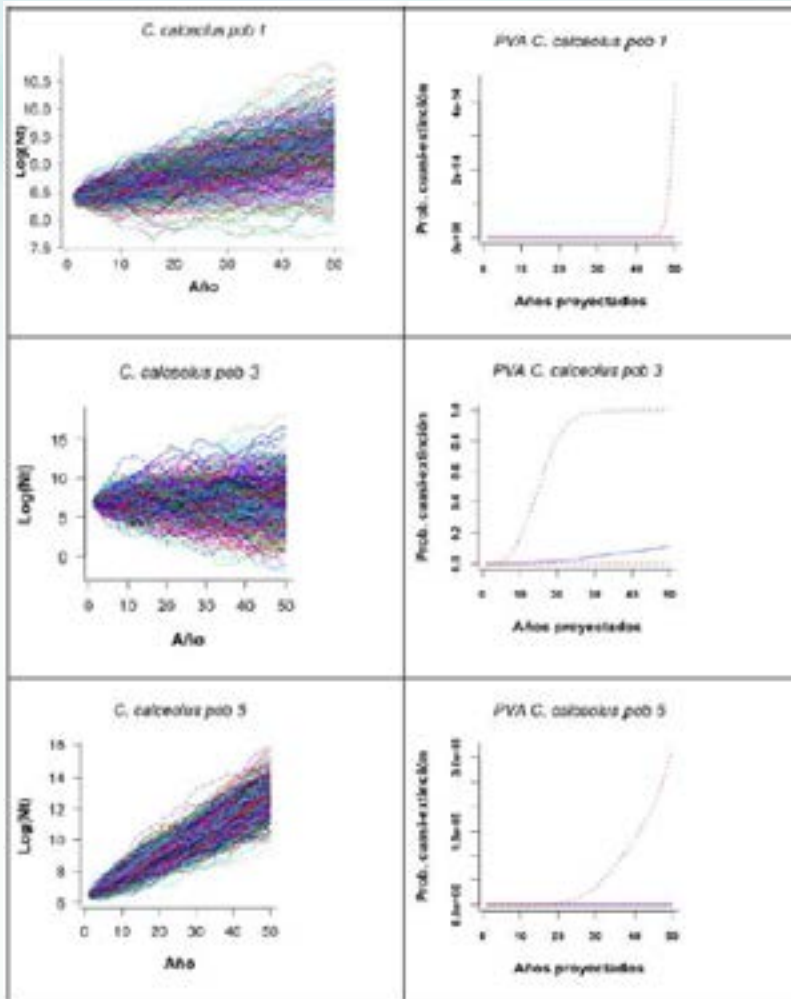


**Figura 16.** Datos censales de individuos en diferentes poblaciones y núcleos de *Cypripedium calceolus*. Datos obtenidos solamente dentro de “áreas de censo”.

Los resultados indican que tanto la población de Sallent como la de Tormosa están creciendo ( $\mu = 0,019$  y  $0,129$  respectivamente; Fig. 17), aunque sólo en el segundo caso lo hace de forma significativa. El riesgo de extinción de ambas poblaciones es nulo en los próximos 50 años, a pesar de que la de Tormosa cuenta con muchos menos individuos que la de Sallent. A diferencia de estas dos poblaciones, la de Pineta ha fluctuado mucho más a lo largo del periodo de seguimiento, lo que se ha traducido en una tasa de crecimiento inferior:  $\mu = 0,008$ , que no difiere significativamente de la estabilidad, pero que conlleva un riesgo de extinción próximo al 20% en los próximos 50 años para un grupo de más de 700 plantas en seguimiento.



La población de Pineta ha sufrido durante los últimos años un considerable retroceso, aparentemente causado por fuerte herbivoría de grandes mamíferos (tanto vacas como corzos recorren la zona). Para reducir el efecto negativo de la herbivoría, en 2011 y 2012 se instalaron cuatro exclusiones dentro de ella. Un análisis por separado de la dinámica de los grupos de plantas que quedan dentro y fuera (pero en la proximidad) del vallado revela que si bien su efecto no llega a modificar de forma significativa la tendencia poblacional, ésta pasa de ser ligeramente negativa ( $\mu=-0,058$ ) a ligeramente positiva ( $\mu=0,008$ ) a pesar del escaso número de años durante los que han estado actuando. El establecimiento de vallados, por tanto, puede considerarse provisionalmente una acción positiva para la conservación de la especie.



**Figura 17.** Proyecciones estocásticas y probabilidades de extinción de las tres poblaciones más grandes de *Cypripedium calceolus* en el Pirineo aragonés: (1) Sallent; (3) Pineta; (5) Tormosa

## Conservación

### a) Categorías de amenaza y Normativas

- En peligro de extinción, Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (Anónimo, 2005)
- En peligro de extinción, Catálogo de Flora Amenazada de Cataluña (Anónimo, 2008)
- En peligro de extinción, Catálogo Español de Especies Amenazadas (Anónimo, 2011)
- Especie de interés comunitario según la Directiva Hábitats en sus Anexos II y IV (Anónimo, 1992).
- Incluida en el Anexo I del Convenio de Berna, 1997.

### b) Actuaciones de conservación realizadas.

Más allá del diagnóstico del estado de una especie, un buen seguimiento también permite diseñar unas adecuadas medidas de gestión gracias al conocimiento de la planta y sus medios. También en el caso de *Cypripedium calceolus*, su monitorización ha servido para definir acciones de conservación, como queda claro en su plan de recuperación (Anónimo, 2004), documento básico para la protección de esta orquídea en Aragón.

Se trata de una planta de distribución holártica, que en Europa llega por el sudoeste hasta los Pirineos y ha tenido varias citas en Aragón que no se han vuelto a encontrar en las dos últimas décadas. Parte de los riesgos que sufre derivan de su atractivo. Además, varias poblaciones sufren cierto nivel de herbivoría por parte de ungulados y otros riesgos típicos de las poblaciones muy pequeñas.

Así pues, la conservación de los ejemplares parece lo más importante en este caso; además, los hábitats donde vive son frecuentes, incluso en expansión, en el Pirineo aragonés. A pesar de ello las poblaciones siguen siendo raras.

Cabe empezar por la protección pasiva en virtud de medidas normativas, básicamente el régimen de protección derivado de la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Anónimo, 2007) y de la declaración de espacios naturales protegidos allí donde crecen sus poblaciones. En este caso se trata de varios LIC, futuras ZEC, ya que es una especie de Anexo II de la Directiva Hábitats (Anónimo, 1992), pero también posee tres poblaciones dentro del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

El Gobierno de Aragón viene desarrollando varias acciones para la protección de sus poblaciones. Una de ellas es, cuando menos, poco frecuente entre la flora ibérica. Dada la vistosidad de las flores de esta especie y todo el atractivo que le rodea, la población más conocida es muy visitada durante la floración. Para

controlar los visitantes y evitar sus efectos negativos se contratan anualmente educadores ambientales que los guían, evitando el pisoteo de los ejemplares pequeños y el efecto negativo de la visita a las partes más sensibles. Además, esta vigilancia sirve de apoyo a la de los Agentes para la Protección de la Naturaleza y otros cuerpos. El año 2013 se registró la visita de más de 1.800 personas durante el periodo de floración, el máximo desde que esta medida se puso en marcha en el año 2000; afortunadamente es la población que se encuentra en mejor estado de conservación. Así que se valora como una medida muy útil y exitosa.

También se intenta controlar de varias maneras la herbivoría por parte de ungulados, tanto silvestres como del ganado, en una de las poblaciones grandes, fundamentalmente, mediante la instalación de un vallado ganadero. Pero como esta medida tiene diferentes efectos, unos directos positivos evitando el consumo de biomasa aérea, pero otros indirectos y quizás negativos a través de los cambios en la vegetación, se realiza un seguimiento que permita evaluar el efecto general.

Además, se trabaja en el refuerzo de una población muy pequeña que lleva varios años o bien disminuyendo o bien estable. Se han utilizado dos técnicas diferentes: siembras con semillas de las poblaciones vecinas y la introducción de protocormos producidos *ex situ* en el laboratorio de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). A pesar de todos los esfuerzos, no se han observado resultados positivos ni con las siembras (medida más barata pero que necesita más tiempo para dar resultados) ni con aquella en la que se ha invertido más medios para generar ejemplares en una fase del ciclo vital más adelantada.

Aunque la mayor parte de las semillas recolectadas se han utilizado para la acción descrita anteriormente, una parte menor de las semillas recogidas también se conserva en bancos de germoplasma: el de la UPM y el del Jardín Botánico de Valencia.

Para terminar, mucho se ha escrito, fotografiado y filmado sobre los zapatitos. Ello ha repercutido en que sea una de las especies cuya conservación más se conoce, al menos en el ámbito regional, pero también en un aumento de visitantes a la población más visitada. También el estudio de estas poblaciones ha dado lugar a algunos resultados científicos con bastante difusión. Aunque se necesitaría una evaluación específica, no es descabellado apostar que todo ello ha repercutido positivamente en una mejor actitud para su conservación.

## Equipos de censos y seguimiento

Coordinación: Javier Puente, David Guzmán, Julio Guiral

Equipo de Censos: Daniel Goñi, David Guzmán, Begoña García

## BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo, 1992. Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Diario Oficial de la Comunidad Europea nº 206, de 22 de julio.
- Anónimo, 1994. Decreto 239/1994, de 28 de diciembre, de la Diputación General de Aragón, por el que se establece un régimen de protección para *Borderea chouardii* (Gaussen) Heslot y se aprueba el Plan de Recuperación. Boletín Oficial de Aragón nº 3, de 11 de enero.
- Anónimo. 2004. Decreto 234/2004 de 16 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un régimen de protección para el Zapatito de la dama, *Cypripedium calceolus* L., y se aprueba su Plan de Recuperación. Boletín Oficial de Aragón nº 141, de 1 de diciembre.
- Anónimo, 2005. Decreto 181/2005, de 6 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se modifica parcialmente el Decreto 49/1995, de 28 de marzo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón. Boletín Oficial de Aragón nº 114, de 23 de septiembre.
- Anónimo, 2007. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado nº 299, de 14 de diciembre.
- Anónimo, 2008. Decreto 172/2008, de 26 de agosto, de la Generalitat de Catalunya, de creación del Catálogo de flora amenazada de Cataluña. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya nº 5204, de 28 de agosto.
- Anónimo, 2010. Decreto 166/2010, de 7 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un régimen de protección para *Borderea chouardii*, y se revisa su Plan de Recuperación. Boletín Oficial de Aragón nº 184, de 20 de septiembre.
- Anónimo, 2011. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Boletín Oficial del Estado nº 46, de 23 de febrero.
- Aymerich, P. 2001. Estatus de l'orquídia *Cypripedium calceolus* L. a Catalunya. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.* **69**:25-36.
- Aymerich, P., B. Tenas, & J. Vigo. 2012. Notes florístiques del Ripollès (Pirineus orientals). *Acta Bot. Barc.* **53**:11-26.
- Bañares, A. (coord.). 2002. *Biología de la Conservación de Plantas Amenazadas*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. 263 pp.
- Dennis, B., Munholland, P. L., & J. M. Scott. 1991. Estimation of growth and extinction parameters for endangered species. *Ecological Monographs*, **61**(2), 115–143.

- García, M. B. 2003. Demographic Viability of a Relict Population of the Critically Endangered Plant *Borderea chouardii*. *Conservation Biology* **17**:1672-1680.
- García, M. B., X. Espadaler, & J. M. Olesen. 2012. Extreme Reproduction and Survival of a True Cliffhanger: The Endangered Plant *Borderea chouardii* (Dioscoreaceae). *PLoS ONE* **7(9)**: e44657. doi:10.1371/journal.pone.0044657
- García, M. B., D. Goñi, & D. Guzmán. 2010. Living at the Edge: Local versus Positional Factors in the Long-Term Population Dynamics of an Endangered Orchid. *Conservation Biology* **24**:1219-1229.
- García, M. B., D. Goñi, D. Guzmán, J. M. Iriondo, J. Coscolluela, J. Puente, M. Alcántara, & J. Guiral. 2007. ¿Cómo gestionar una planta prácticamente inaccesible y en peligro de extinción? *Ecosistemas* **2007/3**: 8 pp.
- García, M. B., D. Guzmán, & D. Goñi. 2002. An evaluation of the status of five threatened plant species in the Pyrenees. *Biological Conservation* **103**:151-161.
- Gómez-Campo, C. 1987. *Libro rojo de especies vegetales amenazadas de España peninsular e Islas Baleares*. ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 676 pp.
- González-Prat, F., D. Puig, J. Gil, & A. Folch. 2002. Distribució i Diversitat de les orquídiies (Orchidaceae) al Ripollès (Catalunya, NE d'Espanya). *Annals del Centre d'Estudis Comarcals del Ripollés 2001-2002*:1-24.
- Goñi, D. 1998. Estudio de la fenología del desarrollo de *Cypripedium calceolus* en el Pirineo Aragonés. Ayuda de Investigación del Instituto de Estudios Altoaragoneses. Estudio inédito. 30 pp.
- Goñi, D. 2006. Experimentos con semillas en los Planes de Recuperación de *Borderea chouardii* y *Cypripedium calceolus*. *Conservación Vegetal*, **10**: 21-22.
- Goñi, D. 2011. Fundación de nuevas poblaciones de *Borderea chouardii*. Póster en el V Congreso de Biología de la Conservación de Plantas. Organizado por la Sociedad Española de Biología de Conservación de Plantas. Es Mercadal, Menorca. 28 septiembre al 1 de octubre de 2011.
- Goñi, D., M. B. García, & D. Guzmán. 2006. Métodos para el censo y seguimiento de plantas rupícolas amenazadas. *Pirineos* **161**:33-58.
- Guzmán, D., & D. Goñi. 2003. *Cypripedium calceolus* L. pp 664-665 in A. Bañares, G. Blanca, J. Güemes, J. C. Moreno & S. Ortiz, eds. Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid, 1072 pp.
- Kull, T. 1999. Biological flora of the British Isles n° 208: *Cypripedium calceolus* L. *Journal of Ecology* **87**: 913-924

- Montserrat P. 1987. *Borderea chouardii* (Gaussen) Heslot (Dioscoreaceae). In: Gómez-Campo & Col. *Libro rojo de especies vegetales amenazadas de España peninsular e islas Baleares*. ICONA-MAPA.
- Morris, W. F., & Doak, D. F. 2002. *Quantitative Conservation Biology. Theory and practice of population viability analysis*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 480 pp.
- Morris, W., Doak, D., Groom, M., Kareiva, P., Fieberg, J., Gerber, L., & al. 1999. *A Practical Handbook for Population Viability Analysis*. The Nature Conservancy. 47 pp.
- Nicolè, F., Brzosko, E., & Till-Bottraud, I. 2005. Population viability analysis of *Cypripedium calceolus* in a protected area: longevity, stability and persistence. *Journal of Ecology*, **93**(4), 716–726. doi:10.1111/j.1365-2745.2005.01010.x
- Rasmussen, H. N. 1995. *Terrestrial Orchids. From seed to mycotrophic plant*. Cambridge University Press, Cambridge. 444 pp.
- Sainz-Ollero, H., F. Franco, & J. Arias. 1996. *Estrategias para la conservación de la flora amenazada de Aragón*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza. 221 pp.
- Segarra-Moragues, J. G., M. Palop-Esteban, F. González-Candelas, & P. Catalán. 2005. On the verge of extinction: genetics of the critically endangered Iberian plant species, *Borderea chouardii* (Dioscoreaceae) and implications for conservation management. *Molecular ecology* **14**: 969-982.
- Torres, E., M. Parra, J. M. Iriondo, D. Guzmán, D. Goñi, & M. B. García. 2002. Estudio ecológico y genético de la población de *Cypripedium calceolus* en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, Madrid. Estudio inédito.

Colaboran:



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CENTRO DE PUBLICACIONES  
Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid