

# *Abies pinsapo* Boiss.

Pinsapo, pino pinsapo, pino abeto; *cat.*: pinsap; *eusk.*: izeiespainiarra

Rafael M<sup>a</sup> NAVARRO CERRILLO, Antonio SÁNCHEZ LANCHÁ, Manuel ARROYO SAUCES, Laura PLAZA ARREGUI, Francisco MARCHAL GALLARDO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ

## 1. Descripción

### 1.1. Morfología

El pinsapo es una especie del género *Abies*, familia *Pinaceae*, subfamilia *Abietoideae*, subgénero *Sapinus* y define la Serie Pinsapones, que se caracteriza por un limbo ensanchado, irregularmente dentado, apuntado o mucronado (Ruiz de la Torre, 2006). La primera descripción científica del pinsapo fue realizada por E. Boissier a principios del siglo XIX: *Abies pinsapo* Boiss., *Biblioth. Univ. Génève*, sér. 2, 13: 402, 406 (1838). Parece ser que, con anterioridad, el pinsapo fue descrito por el botánico español Simón de Rojas Clemente (1777-1827), aunque no quedó constancia escrita de ello debido a que los materiales y notas de sus viajes por la Serranía de Ronda fueron destruidos durante una revuelta popular en Sevilla en 1823.

El pinsapo es un árbol de hasta 30 m de altura, de copa piramidal, de tronco recto y corteza cenicienta, fisurada longitudinalmente en individuos viejos. Presenta ramas triverticiladas y ramillas glabras, de color castaño-rojizas. Las yemas son obtusas y muy resinosas (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006).

Las hojas son aciculares, verdeoscúras, de 6 a 16 mm de longitud, rígidas, sentadas y de disposición helicoidal sobre las ramas. En la parte inferior de la copa las hojas son de 6-16 de longitud y 1,5-2,5 mm de anchura, gruesas, rígidas, bastante densas, dispuestas radialmente, concoloras, más o menos glaucas, agudas u obtusas pero no emarginadas; las de la parte superior son más cortas (hasta 1 cm) y gruesas, mucronadas y punzantes. (Amaral Franco, 1986). Las hojas presentan estomas dispersos en el haz y dos bandas estomáticas de color claro en su envés. La longevidad de las acículas es notable, pudiendo alcanzar hasta 15 años (Linares y Carreira, 2006).

### 1.2. Biología reproductiva

La biología reproductiva del pinsapo fue poco estudiada en el pasado, a pesar de ser una especie singular dentro de la flora forestal española (Ruiz de la Torre, 2006). Sin embargo, en los últimos años este vacío ha sido cubierto por los amplios trabajos realizados por Arista *et al.* (1997).

El pinsapo es una especie monoica que tiene capacidad de variar su expresión sexual, comportándose como individuo masculino o femenino. Se observan tres tipos de árboles desde el punto de vista funcional: femenino (en proporción mayoritaria), monoico

y masculino (Arista y Talavera, 1997), dándose una situación de subdioecia. El ciclo reproductivo del pinsapo dura un año (Arista y Talavera, 1994 a). Los conos florales masculinos se presentan en grupos en la cara abaxial de las ramas inferiores del árbol y son de color purpúreo o amarillento, de 7,5-16 x 6,4-8 mm. Los conos florales femeninos, verdosos y erguidos, aparecen en la cara adaxial de las ramas superiores del árbol con un tamaño de 9-22 x 6-8 mm y con 112 y 240 escamas ovulíferas, con dos primordios cada una (Herrera *et al.*, 1999); diferenciándose a finales de julio, al terminar el periodo de crecimiento vegetativo. A finales de septiembre empieza la elongación de los conos masculinos, los cuales van aumentando de tamaño hasta mediados de marzo, cuando alcanzan su tamaño definitivo (10 mm de longitud por 7 mm de anchura), siendo de color púrpura en la madurez y pardos después de la polinización. Los conos femeninos se diferencian, igualmente, en septiembre, entrando en un estado de durmancia hasta mediados de abril que es cuando se inicia el proceso de elongación hasta alcanzar su tamaño definitivo a principios de junio (67 mm de longitud por 22 mm de anchura). Son de color pardo-verdoso en la fecundación (Arista y Talavera, 1994 a y b; Ruiz de la Torre, 2006). La dispersión del polen es anemófila y se produce entre finales de abril y mediados de mayo. La fecundación se produce a finales de junio, casi dos meses después de la polinización (Arista y Talavera, 1994 b). A principios de julio se empieza a desarrollar el embrión y las piñas tienen ya su tamaño definitivo. A partir de este momento, y hasta el momento de la dispersión de los piñones (octubre-noviembre), las piñas casi no aumentan más de tamaño. A partir de septiembre el embrión está maduro y tiene los cotiledones totalmente formados y, en apariencia, las semillas están totalmente maduras y listas para su dispersión; sin embargo, éstas no se producen hasta 6-8 semanas más tarde, entre octubre y noviembre. La inadecuada maduración de los conos femeninos da lugar al desarrollo completo de piñas con muchas semillas con embriones pequeños y vanas, siendo la causa más importante de inviabilidad de las semillas del pinsapo. Arista y Talavera (1997) han puesto de manifiesto una segunda causa de inviabilidad de las semillas debida a fenómenos de depresión por endogamia o consanguinidad.

El fruto es una piña (estróbilo) de color pardo rojizo en la madurez, cilíndrica o cilíndrica-ovoidea, de 10 a 18 cm (9-15 cm) de longitud por 3 a 5 cm (3-4 cm) de grosor que se inserta directamente al tallo sin pedúnculo, erecta, con un peso entre 30 y 198 g. Escamas tectrices inclusas (Fig. 1). Las piñas se abren por desnaturalización, dispersando un número variable, entre 198 y 309, de piñones por piña. La semilla es de forma aovado triangular, con un tamaño de 6 a 8 mm (6-12 mm) de longitud por 5-7 mm de anchura, con testa de color pardo, lisa y lustrosa y con un ala triangular papirácea de 10 a 15 mm, con un peso variable entre 111 mg, piñones llenos, y 75,7 mg, piñones vacíos (Edwards, 1974; Arista *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 2). El eje hipocotilo-radícula presenta una posición central en la semilla con la radícula orientada hacia la parte apical (Edwards, 1974). Es una especie vecera, dependiendo la abundancia de la fructificación del ciclo meteorológico del año anterior al de la floración. Se produce un año de descanso o de ausencia de floración después de un año con floración, aunque a veces se observan dos años sucesivos con floración (Arista y Talavera, 1995).

El porcentaje de semillas vanas es bastante alto aunque está directamente relacionado con la densidad de ejemplares en el rodal. En general, los árboles que viven formando masas densas producen piñones con un alto porcentaje de viabilidad que, al germinar, originan

plantas muy vigorosas. Por el contrario, los pinsapos que están más o menos aislados producen muy pocos piñones viables debido a una polinización deficiente que, además, originan plantas poco vigorosas por su endogamia (Herrera *et al.*, 1999).

El periodo de dispersión natural de los piñones tiene lugar entre octubre y febrero, siendo diciembre el mes en el que se produce el pico de máxima dispersión (65% del total) (Ruiz de la Torre, 2006; Arista *et al.*, 2010). La diseminación de los piñones es anemócora (Edwards, 1974; Arista *et al.*, 1997) y se caracteriza por la existencia de marcadas fluctuaciones a nivel de individuo con una fuerte dependencia de las condiciones atmosféricas. La distribución de las semillas parece presentar una forma asimétrica en función de la dirección de los vientos dominantes durante el periodo de dispersión. En general, la distribución de semillas, en función de la distancia al progenitor, decrece a medida que la distancia es mayor, concentrándose entre el 60 y el 70% del total de las semillas dispersadas en las proximidades del pie, pero con la presencia de piñones en zonas más alejadas. Esto sugiere que, posiblemente, algunos piñones alcanzan mayores distancias aunque, a partir de 8 m de la proyección de la copa, la cantidad de piñones recogida no supera el 12% del total (Arista, 1994 a; Arista *et al.*, 2010). La importancia ecológica de los fenómenos de dispersión a gran distancia es muy grande ya que, al disminuir la densidad de semillas con la distancia, disminuyen la probabilidad de que éstas sean encontradas por los herbívoros, así como la competencia entre ellas. Esto trae consigo un aumento en la posibilidad de supervivencia de las plántulas originadas por los piñones dispersados más lejos (Arista *et al.*, 2010). La supervivencia de tan sólo una de estas plántulas, a 20 metros o más de un árbol fuente, originaría una nueva fuente de semillas en un plazo de 20-25 años, tiempo que tarda esta especie en alcanzar la edad reproductora (Arista *et al.*, 2010).



**Figura 2.** Piñones de *Abies pinsapo* desprovistos de ala.

**Figura 1.** Piña de *Abies pinsapo* en el pinsapar de la Sierra de las Nieves, Málaga (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

Durante el establecimiento, la mayor mortalidad de las plántulas de pinsapo se produce durante el verano del primer año de vida, en el periodo comprendido entre los meses de julio y septiembre. Sin embargo, una vez que los brinzales superan este plazo de tiempo, la tasa de mortalidad es muy baja lo que parece indicar que el periodo crítico para esta especie se establece durante los primeros seis meses de vida (Arista *et al.*, 2010). En estudios realizados por estos autores, donde se compara la regeneración del pinsapar en formaciones de encinar-pinsapar y quejigar-pinsapar, muestran que las condiciones en esta última formación son más adecuadas para la germinación de las semillas de pinsapo. Aunque el porcentaje final de supervivencia es similar en ambas parcelas estudiadas, la mayor cantidad de semillas que germinan en la parcela quejigar-pinsapar hace que el número final de plántulas de pinsapo que sobreviven sea mucho mayor y, por tanto, también lo es el reclutamiento de nuevos individuos en la población.

### 1.3 Distribución y ecología

Los pinsapares son uno de los ecosistemas más singulares de España debido a la importancia ecológica de la especie dominante y a su escasa extensión, estando su distribución ibérica restringida a la Serranía de Ronda y a las Sierras de Grazalema y Bermeja (Ceballos y Martín Bolaños, 1928; Arista *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 a). Es, por tanto, un endemismo andaluz y la única manifestación de abetal que se desarrolla en un ámbito estrictamente mediterráneo dentro de la Península, lo que le otorga unos elevados valores geobotánico y ecológico.

Existen numerosas referencias geobotánicas para el pinsapo desde principios del siglo XIX (Boissier, 1839; Willkomm, 1873; Laguna, 1883; Ceballos y Martín Bolaños, 1928 y 1930; Ceballos y Vicioso, 1933; Asensi y Rivas, 1976; AFA, 1994; Arista *et al.*, 1997; Costa *et al.*, 1997), ampliados en trabajos más recientes (Ruiz de la Torre, 2006; Soto, 2006; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 a; Becerra, 2006). Otros trabajos incorporan descripciones de los pinsapares pero sin aportar un mayor detalle en cuanto a su área de distribución (Laza Palacios, 1935; Font Quer, 1954; Bon i Tort, 1974; Asensi y Díaz, 1987). Los estudios fitosociológicos también han aportado información sobre la distribución potencial de la especie (Asensi y Rivas Martínez, 1976; Valle, 2003). En un trabajo reciente, Navarro Cerrillo *et al.* (2006 a, 2011 a) proponen una revisión de la distribución actual del pinsapo en Andalucía (Fig. 3).

El pinsapo es, sin duda, uno de los más xerófilos de todos los abetos mediterráneos (Aussenac, 2002; Gonzalo *et al.*, 2004; Fernández Cancio *et al.*, 2007). Su frugalidad en cuanto a los suelos es notable y su carácter helioxerófilo le permite soportar largos periodos de calor moderado y de sequía, pudiendo adaptarse a las fluctuaciones climáticas propias del clima mediterráneo. Ocupa localidades caracterizadas por un clima mediterráneo húmedo e hiperhúmedo (con 1.000-3.000 mm de precipitación anual) con una estación característica, seca y cálida (julio-agosto), que supera refugiándose en orientaciones de umbría entre los 1.000 y 1.800 m, donde las temperaturas no son tan extremas y el efecto del estiaje se amortigua (Arista *et al.*, 1997; Aussenac, 2002; Ruiz de la Torre, 2006). Los rangos óptimos para la especie son: una temperatura media anual entre 13 y 17,2 °C; la temperatura media de las mínimas del mes más frío entre 2,5 y 6,4 °C; la temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 26,1 y 30,8 °C; la precipitación anual

media entre 800 y 2.080 mm y la precipitación estival media entre 20 y 45 mm (Anexo I).

Dentro de una cierta indiferencia sobre la naturaleza litológica del sustrato se encuentra, más frecuentemente, sobre terrenos calizos que son los que más abundan dentro de su área. Así, lo vemos en Ronda y parte de Yunquera sobre calizas dolomíticas del Cámbrico, en los Reales de Genalguacil y parte de la Sierra de Tolox sobre peridotitas y en algunos bosquetes de Yunquera sobre gneis o micacitas.

Los pinsapares son formaciones poco diversificadas, con un dosel arbóreo denso y continuo de ambiente muy umbroso y con suelos cubiertos de acículas donde sólo aparecen plantas capaces de soportar niveles muy bajos de iluminación. Sólo en sus bordes da lugar a comunidades más abiertas, constituidas por rodales discontinuos con ejemplares achaparrados en la parte superior. El pinsapo es una especie de media sombra, de temperamento relativamente robusto que da lugar a masas muy estables. Aspectos relacionados con el grado de tolerancia a la sombra, la capacidad fotosintética, la concentración de nutrientes en las acículas y la respuesta al estrés han sido descritos para la especie, tanto en condiciones controladas, como en el medio natural (Serichol *et al.*, 2011).

Contacta en las partes altas con matas espinosas y almohadilladas de erizones o piornos mientras que en las zonas inferiores lo hace con quejigares (*Quercus faginea* subsp. *faginea* y subsp. *broteroi*), encinares (*Q. ilex* subsp. *ballota*) o alcornoques (*Q. suber*) y, en menor cuantía, sin una delimitación altitudinal tan clara, con caducifolios como el mostajo (*Sorbus aria*), el arce (*Acer monspessulanum*) en las umbrías y con aciculifolios xerófilos como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino negral (*P. pinaster*) en las solanas, llegándose a mezclar con algarrobos (*Ceratonia siliqua*) y acebuches (*Olea europea* var. *sylvestris*).

Tres son los núcleos de población sobre los que se desarrollan estas comunidades forestales: dos en Málaga (Parque Natural Sierra de las Nieves y Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja) y uno en Cádiz (Parque Natural Sierra de Grazalema).

En el Parque Natural Sierra de las Nieves, los pinsapares se desarrollan sobre calizas, preferiblemente en laderas noroccidentales (Sierra de las Nieves), aunque en la Sierra de Tolox también se encuentran formando pequeños bosquetes de menor extensión que ocupan barrancos y cañadas de orientación sudeste (Cañada del Cuervo, Cañada de Enmedio), así como zonas fuertemente pastoreadas (Cerros del Moro, de Abanto y de Alcojona). Dos pinsapares de especial valor ecológico y paisajístico son los de Parauta y Monte Bohornoque donde, sobre las calizas y micaesquistos de los extremos occidental y oriental del Parque, respectivamente, se puede encontrar pinsapos en mezcla íntima con pies de pino piñonero, pino negral, alcornoque, quejigo y encina, con un sotobosque denso y variado en matas y arbustos. En esta zona los pinsapares también tienen presencia en la Sierra Blanca de Marbella (sobre calizas y dolomías metamórficas cristalinas), en la vertiente norte de la Sierra del Alcor y, como pequeños rodales o pies aislados, en Sierra Hidalga (Ronda) y en la transición entre calizas y estratos silíceos de los términos de Istán y Monda (Cerro de Zanina, Arroyo de Gaimón, Desfiladero de Gaimones), en cuyos límites no es raro encontrar ejemplares jóvenes mezclados con alcornoque, encina y pino

negral, bajando hasta los 750 m.

El núcleo más importante de Sierra Bermeja se encuentra en el paraje de Los Reales existiendo, además, un pequeño enclave entre los términos de Genalguacil y Casares, en la vertiente norte de la sierra. En todas las localidades las condiciones del sustrato favorecen la presencia de un cortejo particular (*Saxifraga* sp., *Arenaria* sp., *Cistus populifolius*, *Daphne laureola*, *Rhamnus myrtifolius*, *Ulex baeticus*, *Erinacea anthyllis*) en contacto con los pinares de pino negral.

En el Parque gaditano se encuentra el pinsapar de la Sierra del Pinar, donde el pinsapo se desarrolla en masas con ejemplares jóvenes y vigorosos, especialmente abundantes en su vertiente norte sobre sustratos calizos. Otros rodales de menor importancia se localizan en las umbrías o vaguadas de Sierra de Zafalgar, Sierra del Endrinal, Sierra Margarita, Río Verde, etc. El sotobosque de estos pinsapares es muy escaso pero variado al estar constituido por especies afines a encinares, alcornocales y quejigares umbrosos como sabinas (*Juniperus phoenicea* y *J. sabina*), peonias (*Peonia broteroi*, *P. coriacea*), rusco (*Ruscus aculeatus*), rubia (*Rubia peregrina*), jacinto (*Hyacinthoides hispanica*), adelfilla (*Daphne laureola*) y diversas especies de helechos. Se han propuesto variedades españolas para el pinsapo (Soto, 1997 y 1998), aunque es poco frecuente su uso. Se han realizado estudios moleculares para la diferenciación genética de la especie (Martín *et al.*, 2009; Talavera *et al.*, 2010).

## 2. Materiales forestales de reproducción

### 2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pinsapo está incluido en la normativa europea y española que regula la producción y comercialización del material forestal de reproducción. Las regiones de procedencia definidas para *A. pinsapo* han sido establecidas por el método aglomerativo (Martín *et al.*, 1998) (Fig. 3 y Tabla 1). Actualmente existen cinco fuentes semilleras correspondientes a estas tres regiones de procedencia (Tabla 2).

Los estudios de variabilidad de *A. pinsapo*, utilizando microsatélites, han mostrado que, para el conjunto de 34 haplotipos encontrados en el conjunto de las poblaciones bético-rifeñas, 12 son exclusivos o privados de esta especie. Las poblaciones de *A. pinsapo* muestran muy poca divergencia genética entre ellas (Talavera *et al.*, 2010).

El pinsapo se encuentra catalogado y protegido por diversas normas europeas, estatales y autonómicas (Tabla 3). Además, la mayor parte de los pinsapares se encuentran protegidos por la Ley 2/89, de 18 de julio de 1989, dentro del perímetro de los Parques Naturales de la Sierra de Grazalema (1984) y de la Sierra de Las Nieves (1989) y del Paraje Natural Los Reales de Sierra Bermeja (1989). Asimismo, el pinsapo ha sido incorporado en distintas listas rojas nacionales y autonómicas que, aunque carecen de valor legislativo, son la base para la elaboración y actualización de los distintos catálogos. En la Lista roja de la flora vascular de Andalucía aparece como “En peligro de extinción” y en la Lista Roja de la flora Vascular española queda recogido como “Vulnerable”.

**Tabla 1.** Descripción de las áreas con presencia de *Abies pinsapo* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	65,4	1172	1769	498	1149	45	3	12,7	28,1	2,1	15,7	0	CMe(53) CMe(47)
2	28,7	949	1456	552	1423	54	2,9	13,9	30,3	2,9	16,7	0	CMe(100)
3	5,9	1148	1366	930	1225	35	3,2	13,3	26,9	4,7	15	0	CMe(100)

En lo que se refiere a la normativa sobre sanidad vegetal, es de hacer constar que *A. pinsapo* está sometido a la reglamentación sobre pasaporte fitosanitario.



**Figura 3.** Distribución de *Abies pinsapo* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Ronda-Sierra de las Nieves. 2.- Grazalema-Sierra del Pinar. 3.- Sierra Bermeja (Alía *et al.*, 2009).

**Tabla 2.** Fuentes semilleras de *Abies pinsapo* incluidas en el catálogo español de materiales de base (consulta realizada en abril de 2012).

Región de procedencia	Provincia	Código	Nombre de localización	Término municipal
1. Ronda-S <sup>a</sup> de las Nieves	Málaga	FS-32/01/29/001 FS-32/01/29/002	El Pinar Montes de Parauta	Yunquera Parauta
2. Grazalema-S <sup>a</sup> del Pinar	Cádiz	FS-32/02/11/001	Grazalema	Grazalema y Zahara de la Sierra
3. S <sup>a</sup> Bermeja	Málaga	FS-32/03/29/001 FS-32/03/29/002	Sierra Bermeja Sierra Bermeja	Estepona Genalguacil

**Tabla 3.** Instrumentos de conservación que incluyen de manera explícita a *Abies pinsapo*.

Ámbito	Instrumento	Categoría
Andalucía	Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la Flora y Fauna Silvestres Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats	En peligro de extinción (EN)
Europa	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 (traspuesta en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad)	Hábitat natural de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación
Internacional	UICN	En peligro de extinción (EN)

## 2.2. Técnicas de manejo y propagación

### 2.2.1. Semillas

El periodo de recolección de los frutos suele ser muy corto dado que los conos se desintegran. La colecta se realiza a principios de otoño, entre la última semana de septiembre y la primera quincena de octubre (a veces segunda quincena de octubre), en función del estado de maduración de las piñas. Deben evitarse recolecciones muy tardías, pues en dicho caso la piña se desmenuza fácilmente al manipularla y los rendimientos se reducen notablemente. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos, de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas. Los frutos se pueden recoger con pértigas, antes de que caigan del árbol (en pies no demasiado altos, ya que tal herramienta tiene una longitud limitada y es de difícil manejo desde el suelo), o mediante escalada al árbol, con las medidas de seguridad pertinentes (arnés, cuerda de seguridad y casco).

Una vez recolectados los frutos no conviene extraer la semilla de forma inmediata ya que debe dejarse un periodo de tiempo para completar la maduración de la semilla y evitar una baja viabilidad de la misma. El porcentaje de semillas vanas es bastante alto aunque está directamente relacionado con la densidad de ejemplares en el rodal. En general, los árboles que viven formando masas densas producen piñones con un alto porcentaje de viabilidad que, al germinar, originan plantas muy vigorosas. Por el contrario, los pinsapos que están más o menos aislados producen muy pocos piñones viables (debido a una polinización deficiente) que, además, originan plantas poco vigorosas debido a endogamia (Herrera *et al.*, 1999). Esto se debe tener en cuenta a la hora de la recogida, no colectando de pies aislados, sino de masas en las que pueda haberse producido una buena polinización.

La limpieza y extracción de la semilla debe hacerse pasados unos días desde la recolección. Se hará preferiblemente a mano, realizando un movimiento de torsión suave sobre la piña para que esta se desmenuce. Posteriormente, mediante cribado y aventado se separan las

semillas de las escamas y demás restos vegetales. La rotura de las bolsas de resina que cubren al piñón, durante la extracción o el desalado de las semillas, tiene un efecto muy negativo sobre la germinación de los embriones, por lo que se debe evitar por todos los medios o bien, desechar la semilla afectada. La no conveniencia del desalado dificulta la eliminación de las semillas vanas. Con los métodos de limpieza empleados, la pureza del lote puede ser muy elevada (>90%) (Tabla 4). Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo, pues son tolerantes a la desecación. Una vez limpias y oreadas, se almacenan a 3-4 °C en cámara frigorífica hasta el momento de la siembra. Las semillas almacenadas bajo estas condiciones durante más de un año pierden gran parte de su viabilidad. La semilla de pinsapo presenta una germinación variable, no recomendándose el empleo de semillas de peso menor a 60 mg (Arista *et al.*, 1992; Arista, 1994 a). Los lotes de semillas de abeto raramente germinan más del 50%, debido a la presencia de letargo interno, a los daños que suelen sufrir durante su extracción y desalado y a los ataques de hongos e insectos (Catalán, 1985), además de la subsistencia de semillas vanas. Los tratamientos pregerminativos recomendados para esta especie son (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001; Edwards, 2008):

- Rehidratación de la semilla durante 24 horas, seguido de una estratificación fría a 3-5 °C, durante 21 días. Procedimiento general para el género *Abies*.
- Estratificación en arena húmeda durante 60 días a 2-5 °C.

La germinación de la semilla no estratificada y sembrada en primavera se inicia a los 10-30 días de siembra y continúa durante un periodo de tiempo considerable. Si la semilla ha sido tratada antes de su siembra (estratificación o expuesta al frío) su germinación es más rápida. Según las normas ISTA (2011), para el ensayo de germinación debe hacerse un doble test, sin estratificación y con estratificación fría previa a 3-5 °C durante 21 días. Las condiciones ambientales que establece del ensayo son: alternancia térmica (20-30

**Tabla 4.** Datos característicos de lotes de semillas de *Abies pinsapo*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg <sup>-1</sup>	Referencia
25	90	40-70	15.000-19.000-22.000	Catalán (1991)
	99,1 89-100	48,5 <sup>(1)</sup> -59 <sup>(2)</sup> 40-55	17.500 10.810-15.714	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
10-14	90-98	40-60	14.000-17.000-22.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	(63-100)		(20.000-25.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

<sup>(1)</sup> Estratificación durante 30 días a 5 °C

<sup>(2)</sup> Ensayo al tetrazolio

°C), fotoperiodo de 16-8 horas, sobre sustrato de papel y con una duración de 28 días. La Forestry Commission (2010), por su parte, propone que tal ensayo se realice a temperatura constante de 20 °C.

De germinación epigea, sus plántulas tienen hojas aciculares, largas, puntiagudas y algo reviradas en el ápice, de 3-4 cm (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

### 2.2.2. Vegetativa

La especie no ha sido propagada vegetativamente. Los resultados obtenidos en la multiplicación vegetativa de especies del género *Abies* son muy irregulares, no habiéndose conseguido porcentajes de enraizamiento muy altos (Dirr y Heuser, 1987). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 8.000 mg l<sup>-1</sup>), que parecen mejorar el enraizamiento (Dirr y Heuser, 1987).

## 5. Producción de plantas

El pinsapo se cultiva principalmente en contenedor, siendo poco frecuente el cultivo de planta a raíz desnuda. La producción de plantas de pinsapo se hace mediante siembra. Dado la desigual germinación de la semilla se suele realizar la pregerminación en bandejas de siembra (semilleros), una vez aplicado el tratamiento pregerminativo. Las siembras se realizan a finales del invierno (febrero-marzo), en viveros que tengan condiciones invernales suaves, con semilla limpia, a una profundidad de 10-12 mm. También puede realizarse la siembra directa, con 2-3 semillas por alveolo, y proceder posteriormente al deshermanado de las plántulas. Se han obtenido porcentajes de germinación en vivero en torno al 60% para semillas correctamente tratadas y bajo condiciones de clima mesomediterráneo. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque en los semilleros puede prolongarse durante dos periodos de cultivo.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 400-500 cm<sup>3</sup>, a dos o tres (cuatro) savias, obteniéndose un tamaño final entre 5 y 10 cm de altura, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4). Al ser una especie que puede utilizarse en trabajos especiales de restauración, en particular plantaciones de restauración de pinsapares o de enriquecimiento, puede recomendarse la producción de planta de mayor tamaño en envases de gran volumen, tipo maceta (3.500 cm<sup>3</sup>), o a raíz desnuda, para planta de tipo 1-1.

No es una especie exigente en cuanto a sustratos, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (en volumen >75%) y algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río (en volumen <25%). En algunos viveros se siguen utilizando, con buenos resultados, un sustrato compuesto por tierra vegetal (30% en volumen), arena fina (10-15% en volumen) y turba rubia mezclada con fibra de coco (40% y 20%, respectivamente). Los sustratos de turba fertilizada mezclada con bajas proporciones de un componente inerte, tierra o perlita, son los más adecuados, al aumentar el crecimiento y producir una planta más equilibrada. El empleo de un pequeño porcentaje de mantillo del pinsapar no parece producir, aparentemente, problemas patológicos induciendo, por el contrario, la presencia de micorrizas en el cepellón.

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios para su cultivo, aunque se han estudiado los programas de cultivo más frecuentes utilizados para esta especie (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b). En la mayor parte de los viveros que producen pinsapo se tiende a la incorporación de un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente

el uso de un fertilizante tipo 18-11-10 (8-9 meses) con dosis de 2 g l<sup>-1</sup> sustrato o de un 14-8-15 (8-9 meses) con dosis de 2,5 g l<sup>-1</sup> de sustrato. Una alternativa a este tipo de fertilizantes, en cultivos de corta duración, es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16, con un corrector de pH (2 kg m<sup>3</sup> de dolomita, 5% Mg) y fertilización de mantenimiento de acuerdo con la duración del cultivo y a la planta tipo. En el caso de prolongar el cultivo debería mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el periodo. Un estudio más completo de los programas de fertilización puede encontrarse en Navarro-Cerrillo *et al.* (2006 b), donde se propone una fertilización estándar, con un aporte total a lo largo del cultivo de 234 mg N, 255 mg P, 100 mg K, 8,1 mg Fe por planta o un programa con fertilización complementaria, donde se propone un aporte a lo largo del cultivo de 339 mg N, 307 mg P, 150 mg K, 8,1 mg Fe por planta.

Existen trabajos en donde se han definido valores orientativos para los atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de pinsapo, según el número de savias y las técnicas de cultivo (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b) (Tablas 5 y 6). Las plantas de altura inferior a 5 cm deberían rechazarse. La distribución de la biomasa entre la parte aérea y la raíz debe ser relativamente equilibrada, con valores de relaciones parte aérea-parte radical superiores a 1,5 (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b). Los criterios de calidad para planta en contenedor establecidos por la normativa estatal vigente (RD.289/2003, de 7 de marzo) determinan que los lotes de plantas estarán formados por, al menos, un 95% de plantas de calidad cabal y comercial. Ésta se determinará según unos criterios relativos a la conformación y estado sanitario, así como, a criterios de edad y dimensiones (la planta, de 3-6 savias, debe tener una altura comprendida entre la mitad y la totalidad de la altura del contenedor y un diámetro mínimo en el cuello de la raíz de 3,5 mm). El pinsapo es proclive a ataques fúngicos a su sistema radical provocados por *Phytophthora* sp. y *Cylindrocarpon* sp.

No se han encontrado trabajos relacionados con la micorrización de la especie, aunque ésta suele producirse de forma espontánea en los viveros.

#### 4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El fuego, el pastoreo, la extracción de madera y los incendios han sido las causas principales del deterioro del pinsapar convirtiéndose, en muchos lugares de su área de distribución actual, como una especie rara o inexistente, siendo sustituida por comunidades de matorral o por suelos desnudos. Esta situación comenzó a revertirse a partir de 1945 cuando el Estado compró el monte rondeño del Pinsapar. En 1955 el Patrimonio Forestal del Estado



**Figura 4.** Planta de una savia de *Abies pinsapo* cultivada en alveolo de 300 cm<sup>3</sup> (Foto: CNRGF El Serranillo).

**Tabla 5.** Valores de atributos morfológicos y fisiológicos (media  $\pm$  desviación típica, en su caso) de brinzales de *Abies pinsapo* producidos en el vivero de Cueva del Agua (T.M. de Yunquera, Málaga) según diferentes tratamientos de cultivo (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b).

Atributo	Control	Cultivo A	Cultivo B
<b>Condiciones de cultivo</b>			
Nº de savias	2	3	3
Sustrato (% en volumen)	30	30	30
Fertilización (mg planta <sup>-1</sup> )	N: 234 P: 255 K: 100 Fe: 8,1	N: 234 P: 255 K: 100 Fe: 8,1	N: 339 P: 307 K: 150 Fe: 8,1
<b>Atributos morfológicos</b>			
Altura (cm)	5,85 $\pm$ 0,11	7,92 $\pm$ 0,16	8,68 $\pm$ 0,14
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	2,71 $\pm$ 0,04	4,38 $\pm$ 0,10	4,71 $\pm$ 0,10
Peso seco aéreo - PA (g)	0,49 $\pm$ 0,03	1,42 $\pm$ 0,06	1,86 $\pm$ 0,03
Peso seco radical - PR (g)	0,90 $\pm$ 0,05	2,01 $\pm$ 0,05	2,66 $\pm$ 0,09
Peso seco total (g)	1,39	34,3	4,52
PA/PR	0,54	0,70	0,69
Esbeltez (cm mm <sup>-1</sup> )	2,15	1,80	1,84
<b>Atributos fisiológicos</b>			
N foliar (mg g <sup>-1</sup> )	15,4 $\pm$ 1,05	14,6 $\pm$ 0,95	13,5 $\pm$ 1,04
P foliar (mg g <sup>-1</sup> )	2,2 $\pm$ 0,25	2,3 $\pm$ 0,32	2,3 $\pm$ 0,43
K foliar (mg g <sup>-1</sup> )	7,2 $\pm$ 0,55	7,4 $\pm$ 0,44	8,2 $\pm$ 0,65
Carbohidratos en la raíz (mg g <sup>-1</sup> )	17,6 $\pm$ 1,03	27,6 $\pm$ 1,72	27,5 $\pm$ 1,09
<b>Atributos de respuesta</b>			
PRR <sup>(1)</sup> - número de raíces >1 cm de longitud	2,5 $\pm$ 0,27	6,2 $\pm$ 0,56	8,2 $\pm$ 0,49

<sup>(1)</sup> PRR: potencial de regeneración radical

se hizo cargo de la administración directa, mediante consorcio con el Ayuntamiento, de los Montes de Parautay. Posteriormente, entre 1959 y 1961, se consorcio parte del monte El Pinar de Yunquera y los Montes de Tolox. En los años ochenta, la declaración de Parque Natural de Sierra de las Nieves y Parque Natural de Grazalema aumentó la protección de los pinsapares. En las últimas décadas el papel del ganado doméstico como factor limitante para la regeneración del pinsapo se ha reducido considerablemente, sobre todo, en los montes públicos y consorciados, Sierra del Pinar de Grazalema, Sierra de las Nieves. La mayor abundancia de herbívoros silvestres, como la cabra montés, supone, sin embargo, un elemento a tener en cuenta en la gestión futura de los pinsapares.

Un nuevo factor de riesgo sobre los pinsapares ha irrumpido en los últimos años: el cambio climático, que puede afectar seriamente a la dinámica de los pinsapares. Relacionado o no con los cambios en las condiciones generales del clima, en los últimos años un conjunto de agentes bióticos, insectos, hongos y otros patógenos, están afectando a la

**Tabla 6.** Valores de atributos morfológicos y de supervivencia (media  $\pm$  desviación típica) de plantas de *Abies pinsapo* según diferentes tratamientos de cultivo en vivero (Tabla 5) a los 4 años tras su plantación (1999-2003) en una parcela de control en Cueva del Agua (T.M. de Yunquera, Málaga).

Atributo	Cultivo control	Cultivo A	Cultivo B
Altura (cm)	29,85 $\pm$ 1,33	37,64 $\pm$ 1,34	38,14 $\pm$ 1,79
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	12,93 $\pm$ 0,43	15,36 $\pm$ 0,42	15,95 $\pm$ 0,56
Crecimiento en altura (cm)	71,46 $\pm$ 4,68	95,80 $\pm$ 15,43	138,57 $\pm$ 38,08
Crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (mm)	21,10 $\pm$ 1,33	23,62 $\pm$ 2,04	26,93 $\pm$ 1,71
Peso seco aéreo (g)	9,54 $\pm$ 0,42	9,51 $\pm$ 0,75	10,82 $\pm$ 0,50
Supervivencia (%)	91,87 $\pm$ 3,08	90,00 $\pm$ 5,40	87,87 $\pm$ 3,42

persistencia del pinsapar. Entre ellos, cabe destacar a los hongos *Armillaria mellea* (Valh. Ex Fr.) Kumm y *Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref. y los insectos *Cryphalus numidicus* Eichhoff y *Dioryctria aulloi* Barbey (Navarro-Cerrillo y Calzado, 2004). Además de los agentes externos que afectan al pinsapar existen una serie de factores propios de la biología de la especie que repercuten de manera negativa en su regeneración natural, ya que afectan a distintas etapas de su ciclo de reproducción. En este contexto, el estado de conservación de los pinsapares es variable según su estado original, y la gestión que se ha podido realizar en cada uno de ellos, así como los esfuerzos por su conservación realizados en las últimas décadas.

Debido a la grave situación descrita, desde mediados del siglo XX comenzaron a tomarse medidas para paliar la elevada degradación del pinsapar, que amenazaba la desaparición de la especie (AFA, 1994). La restauración de los pinsapares se inició con medidas de gestión, en particular, la de suprimir, total o parcialmente, los factores que dificultaban los procesos de regeneración natural. Actuaciones como el acotado de zonas al pastoreo, la eliminación del aprovechamiento maderero y del carboneo jugaron un papel fundamental en las primeras etapas del proceso restaurador (Álvarez Calvente, 1994 y 2001). Estas actuaciones junto con el abandono de zonas de cultivos en linderos de montes, dio lugar a una amplia recuperación y rejuvenecimiento de las masas, mostrando una rápida recuperación de muchas zonas. Es importante destacar el efecto que la defensa legal y forestal desarrollada por el Patrimonio Forestal del Estado, mediante la compra e inclusión en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública, tuvo en la conservación y restauración del pinsapar, sin las cuales posiblemente hoy no podríamos disfrutar de estos bosques en el estado en que se encuentran.

En la década de los 60 y 70 del pasado siglo, la actividad hidrológico-forestal determinaba la política de repoblaciones, en particular, en las cuencas del Sur y, de manera muy importante, en la provincia de Málaga, dada la fuerte torrencialidad de sus cuencas y la proximidad de los núcleos de población. En numerosos montes que habían tenido presencia histórica de

pinsapo se iniciaron repoblaciones con objetivo protector, utilizando diferentes especies de pinos, *Pinus halepensis* y *P. pinaster* principalmente, y, en menor medida, *P. nigra*. La importancia de estas actuaciones en los procesos de restauración del pinsapar no ha sido estudiada con suficiente profundidad aunque, posiblemente, han representado la actividad restauradora más importante para esta especie. El efecto combinado del arbolado, con el acotamiento de las zonas reforestadas, hizo patente una espectacular autoregeneración, ya que muchos de los pinsapos que habían permanecido bajo el matorral, a salvo del diente del ganado, empezaron a aflorar, contándose crecimientos anuales entre 50 y 75 cm de altura. En una segunda etapa se procedió al establecimiento de pinsapos en las zonas de calveros. Debido a la inexperiencia en repoblaciones específicas con pinsapo se recurrió a diferentes métodos, como fue la colocación de piñas enteras al abrigo del matorral, obteniéndose una supervivencia aproximada del 10%, así como a la siembra tradicional con piñón, que dio una supervivencia algo mayor, del orden del 20%. En una tercera etapa repobladora, ya en los años 70, se instaló el primer vivero forestal destinado a la producción de planta de pinsapo, siendo a partir del año 1974 cuando las primeras plantas son llevadas al terreno. El procedimiento de preparación del terreno era muy somero, mediante la apertura de hoyo manual, de dimensiones de 40 x 40 x 40 cm, o por fajas continuas hechas a mano o con arado monosurco de tracción animal. La plantación se realizaba con brinzales de dos savias, con cepellón, cultivados en bolsas de polietileno, a una densidad entre 1.200 y 1.500 pies ha<sup>-1</sup>. Las plantas a raíz desnuda se reservaban para los rodales más favorables. En estas condiciones, el porcentaje de marras obtenido era bajo, ≈20%, según la información aportada por algunos de los ingenieros responsables de aquellos trabajos (Álvarez Calvente, 1994). Por el contrario, en los terrenos más pobres y menos profundos, el porcentaje de marras llegaba al 70%. La posibilidad de aumentar la intensidad de las preparaciones, mediante el uso de subsolado, permitió reducir el porcentaje de marras en estas zonas, favoreciendo también la regeneración natural a partir de semillas procedentes de árboles cercanos. Una práctica habitual era mantener el matorral circundante para proteger a la planta de la insolación, aunque los resultados de esta práctica no fueron evaluados. Ocasionalmente, se procedió a algunos cuidados culturales como escardas o incluso algún riego en verano.

Ya más recientemente, la Junta de Andalucía inició algunos trabajos de repoblación forestal con esta especie, tanto en el Parque Natural de Grazalema como en el Parque Natural de Sierra de las Nieves (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). Estas actividades se enmarcan en el Plan de Restauración de *A. pinsapo*, mediante actuaciones dirigidas a fomentar la regeneración, utilizando áreas de exclusión de herbívoros, plantaciones y siembras, así como defensa contra incendios.

Las técnicas de repoblación en áreas de pinsapar han cambiado mucho en los últimos años. Se han abandonado las repoblaciones de carácter genérico protector con especies pioneras y progresivamente se ha procedido al establecimiento de especies de mayores niveles de madurez. Las repoblaciones de pinsapo se han restringido a situaciones muy favorables, umbrías de suelos profundos, como las realizadas en algunas vaguadas como “Breña Oscura” en Cortes de la Frontera, “Caña del Tiburcio” en Montejaque, Navazos de Líbar y Hoyo Quejigos en Villaluenga del Rosario, procurando buscar la protección de la cubierta de encinares y quejigales. La evaluación del crecimiento y supervivencia de estas plantas es necesaria para analizar la idoneidad o no de la cubierta arbórea en

las repoblaciones de pinsapo. Se trata de un tipo de repoblación cercana al concepto de restauración ecológica, con la aplicación de numerosos cuidados culturales, como son los riegos puntuales, el uso de tubos protectores, de *mulchs* y de vallas de exclusión. La repoblación, por tanto, se considera como una solución aceptable para la restauración de las masas de pinsapo que han sido afectadas por incendios forestales y en zonas degradadas con antigua presencia de pinsapo, donde es difícil lograr una buena regeneración natural. Puede, también, considerarse la posibilidad de introducir variabilidad genética en zonas aisladas donde, a causa de la autofecundación existente, los individuos presentan una mayor proximidad genética.

Las zonas de umbría y con suelos profundos, gracias a su mayor disponibilidad de agua, suelen ser las que mejor reaccionan al tratamiento de revegetación con esta especie. En estos lugares las plantas alcanzarán mayores tallas y desarrollos más rápidos pudiendo servir de focos de nuevos propágulos. La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular: mosaico de orientación, umbrías y solanas, y mosaico dendriforme en vaguadas, lomas y red de drenaje. Las plantaciones de pinsapo pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas como el pino marítimo, el pino carrasco, el quejigo y, en menor medida, la encina o el alcornoque, siempre que esto sea posible. Las actuaciones de restauración tendrán lugar preferentemente en suelos de buena calidad, evitando los suelos inmaduros, en ladera. El pinsapo se considera que puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Trabajos de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos.
- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna. Especies como *Acer granatense*, *Taxus baccata*, *Juniperus oxycedrus*, *Q. faginea* var. *alpestris*, etc.
- Restauración de áreas afectadas por incendios, por ejemplo el pinsapar de Tolox, Sierra de Istan, etc.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de vegetación y la densificación de cubiertas, repoblaciones de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de media montaña mediterránea, donde el pinsapo ya aparece en el subpiso de forma natural y donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.

## 5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del pinsapo, en trabajos de restauración, ha sido la plantación. No obstante, en algunos casos se ha recomendado la siembra debido a la falta de crecimiento apical de las plántulas los primeros años y la rápida recuperación de la altura de los pies procedentes de semilla frente a los de planta. Los resultados en cuanto a supervivencia muestran una clara diferencia entre métodos de repoblación, siendo más recomendable la plantación (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b) (Tabla 7). La plantación se realiza de forma manual y la siembra se realiza por golpes, colocando entre 2 y 4 semillas

por hoyo. En el caso de plantaciones en el ámbito forestal, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede ampliarse el periodo de establecimiento (preferiblemente no más tarde de febrero), siempre que las condiciones lo aconsejen (zonas de montaña con presencia de heladas). En caso contrario, hay que evitar retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo de la repoblación vendrán determinadas por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar planta de dos o tres savias en contenedor forestal o planta de más de tres savias en envase de gran volumen. El establecimiento de pinsapo ha mostrado tener numerosas dificultades. Las condiciones limitantes de los terrenos objeto de la restauración y la propia ecología de la especie, dan lugar a valores bajos de supervivencia y a una falta de crecimiento (Tabla 7).

**Tabla 7.** Valores de supervivencia y crecimiento (media  $\pm$  desviación típica) de plantas de *Abies pinsapo* a los 12 meses (08/05 - 06/06) en Cerro Corona (S<sup>a</sup> de las Nieves), según el método de repoblación y la aplicación de riego.

Atributo	Plantación-Riego	Plantación-No riego	Siembra-Riego	Siembra-No riego
Supervivencia (%)	86,84 $\pm$ 3,90	68,18 $\pm$ 4,46	58,67 $\pm$ 5,72	34,95 $\pm$ 4,72
Crecimiento en altura (cm)	4,87 $\pm$ 0,40	3,93 $\pm$ 0,35	3,52 $\pm$ 0,24	3,65 $\pm$ 0,35
Crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (mm)	0,97 $\pm$ 0,11	0,89 $\pm$ 0,08	0,34 $\pm$ 0,04	0,34 $\pm$ 0,04

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación existente consisten en el desbroce manual con motodesbrozadora o en el desbroce mecanizado, dadas las características de las zonas de restauración y del objetivo protector de las repoblaciones. En muchos casos se ha procedido a desbroces selectivos, con el fin de aprovechar el efecto facilitador de las especies de matorral. Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del pinsapo vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente, por lo que lo más frecuente es el ahoyado, preferiblemente mecanizado. Los procedimientos mecanizados, como los subsolados, se justifican sólo en casos con poca vegetación y en laderas de escasa pendiente (zonas incendiadas) (Fig. 5). La intensidad de estas actuaciones será muy diferente según las características del medio a repoblar, pero siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad. Así, en repoblaciones de esta especie debe tenerse presente:

- Procurar la apertura de hoyos de gran tamaño, mínimo 40 x 40 x 60 cm, por lo que siempre que sea posible se recurrirá a preparaciones mecanizadas con baja densidad.
- Adecuar el lugar de establecimiento a las condiciones edáficas, teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños, evitando suelos de muy mala calidad, con tendencia al encharcamiento, etc. La elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie.

La densidad de plantación varía según el tipo de repoblación, aunque en todos los casos se debe conseguir formaciones constituidas por un mínimo de pies. No obstante, el pinsapo suele beneficiarse de una cierta protección, por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más dificultad. En las partes bajas de la ladera, en los suelos profundos, pueden emplearse densidades elevadas, en torno a 1.000 pies ha<sup>-1</sup>, que irán disminuyendo progresivamente hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies menos exigentes y donde el pinsapo puede aparecer como especie acompañante, hasta una cifra de menos de 100 pies ha<sup>-1</sup>. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas alcanzan una mayor supervivencia.

Los cuidados culturales recomendados para los trabajos de repoblación de pinsapo son el uso de mallas de sombreo y los riegos de establecimiento (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). En términos prácticos, y en parte para compensar el estrés asociado al establecimiento, se han realizado ensayos con mallas plásticas de color negro (Fig. 5), que además de la protección física que aportan a la semilla o a la planta mejoran sus expectativas de arraigo y crecimiento en altura. Igualmente, se ha ensayado el uso de riegos de establecimiento (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b), lo cual estaría justificado en las estaciones más limitantes para su desarrollo o cuando se realizan trabajos de plantación en condiciones especiales. En estas estaciones convendría realizar un riego de implantación, si las condiciones en



**Figura 5.** Repoblación de *Abies pinsapo* en el pinsapar de Tolox, Parque Natural de Sierra de las Nieves. Plantación de dos años con plantas de tres savias (alveolo de 400 cm<sup>3</sup> y 8,3 cm de altura), con malla de sombra y riego de establecimiento (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

el momento de la siembra o plantación son desfavorables, y riegos de mantenimiento durante el primer verano, de 3 a 4 riegos abundantes. Los resultados experimentales sobre la utilización del riego en plantaciones han puesto de manifiesto la influencia positiva que el mismo tiene en el crecimiento y en la supervivencia de la planta siendo, por tanto, una alternativa a tener en cuenta en las repoblaciones de pinsapo en condiciones especiales (Tabla 7, Fig. 5) (Navarro-Cerrillo *et al.* 2011 b).

En repoblaciones en zonas accesibles, enriquecimiento de repoblaciones, áreas de recreo, etc., se han realizado trabajos de control de la competencia, aunque en general no son necesarios, siendo más importantes el mantenimiento de las mallas de sombreado o la protección contra la herbivoría. Recientemente se han realizado algunos trabajos sobre la dinámica de la regeneración natural en masas artificiales con presencia de pinsapo (Salmoral *et al.*, 2008; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b), en particular, se han estudiado los procesos de regeneración de pinsapo bajo la cubierta de pinares de repoblación. El monte objeto de estudio, el Pinar de Yunquera en la Sierra de las Nieves, presenta un dosel dominado principalmente por *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *A. pinsapo*. Ambos pinos dominan claramente sobre el resto de las especies, por ser las especies principales de la repoblación, exceptuando en aquellas zonas de pinsapar y sabinar que no fueron repobladas. Se ha interpretado la relación entre los mapas de estimaciones del regenerado y la distribución actual de las especies en sus zonas de expansión para especies como el pinsapo, la encina, el quejigo o la sabina (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). El regenerado de pinsapo muestra una significativa predilección por la zona de umbría, con muy escasa presencia en el resto del monte. Los mapas de distribución espacial del regenerado de diferentes especies en este tipo de formaciones son muy importantes para una correcta planificación de la silvicultura orientada a la transformación de estos montes hacia masas de mayor naturalidad. La planificación selvícola debe considerar la densidad del regenerado y la distribución espacial de las especies principales, por lo que en cada rodal se deben regular las intervenciones sobre el dosel para potenciar el establecimiento y desarrollo del pinsapo.

## 6. Bibliografía

- AFA (Asociación Forestal de Andalucía), 1994. Gestión y conservación de los pinsapares andaluces. Monografías Forestales. Asociación Forestal de Andalucía, Cádiz.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 65-68.
- ÁLVAREZ CALVENTE M., 1994. Los pinsapares malagueños en el recuerdo. En: Gestión y conservación de los pinsapares andaluces. (Cueto Álvarez de Sotomayor M., Sánchez García J.M., eds.). Monografías forestales andaluzas. Asociación Forestal Andaluza. pp. 77-90.
- ÁLVAREZ CALVENTE M., 2001. Paisaje Forestal Andaluz. Ayer y hoy. Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía, IBERSILVA, Sevilla.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Abies* Mill. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendía F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 165-167.
- APARICIO A., SILVESTRE S., 1987. Flora del Parque Natural Sierra de Grazalema. Junta de Andalucía. Sevilla.

- ARISTA M., 1994 a. Germinación de las semillas y supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. Acta Bot. Malacitana 18, 173-177.
- ARISTA M., 1994 b. Supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. en su hábitat natural. Anal. Jard. Bot. Madrid 51, 155-158.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1994 a. Ontogeny and anatomy of the reproductive phase of *Abies pinsapo* Boiss. (*Pinaceae*). Bot. J. Linn. Soc. 116, 223-234.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1994 b. Pollen dispersal capacity and pollen viability of *Abies pinsapo* Boiss. Silvae Genet. 43, 155-158.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1995. Producción de piñas y ciclos de cosecha en *Abies pinsapo* Boiss. Anal. Jard. Bot. Madrid 53, 5-12.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1997. Genderexpression in *Abies pinsapo* Boiss. a Mediterraneanfir. Ann. Bot. 79 (3), 337-342.
- ARISTA M., TALAVERA S., HERRERA J., 1992. Viabilidad y germinación de las semillas de *Abies pinsapo* Boiss. Acta Bot. Malacitana 17, 223-228.
- ARISTA M., HERRERA F.J., TALAVERA S., 1997. Biología del pinsapo. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.
- ARISTA M., ORTIZ P., TALAVERA S., NARBONA E., COCA M., 2010. Acercamiento a los aspectos reproductivos que condicionan la expansión del pinsapo en la Serranía de Grazalema. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- ASENSI A., RIVAS-MARTINEZ S., 1976. Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda Anal. Inst. Bot. Cavanilles 32, 1245-1289.
- ASENSI A., DÍAZ B., 1987. Andalucía occidental. En: La vegetación de España. (Martínez Parras J.M., Peinado J.M., eds.). Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. pp. 197-230.
- AUSSENAC G., 2002. Ecology and ecophysiology of circun- Mediterranean firs in the context of climate change. Ann.For.Sci. 59, 823-832.
- BECERRA M., 2006. Ordenación y aprovechamiento de los pinsapares rondeños durante el siglo XIX. La memoria de Antonio Láynez. Ed. La Serranía, Ronda.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 345-356.
- BOISSIER C.E., 1839. Voyage botanique dans le midi de l 'Espagne pendant le année 1837. Gide et Cie. Paris. Versión castellana en C.E. Boissier. Viaje botánico al sur de España durante el año 1837. Ed. Facsímil (1995), Fundación Caja de Ahorros de Granada. Universidad de Málaga. Granada.
- BON i TORT A., 1974. Los pinsapos de la Serranía de Ronda. Caja de Ahorros de Ronda. Málaga.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 113-115.
- CEBALLOS L., 1966. Mapa forestal de España. Escala 1:400.000. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- CEBALLOS L., MARTÍN-BOLAÑOS M., 1928. El pinsapo y el abeto de Marruecos. Servicio Forestal de Investigaciones y Experiencias. Instituto Nacional de Investigaciones y Experiencias Agronómicas y Forestales, 8, 47-101.
- CEBALLOS L., MARTÍN-BOLAÑOS M., 1929. Notas botánicas sobre algunos aspectos de la flora forestal de Cádiz. Servicio Forestal de Investigaciones y Experiencias. Instituto Nacional de Investigaciones y Experiencias Agronómicas y Forestales (3), 85- 94.

- CEBALLOS L., MARTÍN BOLAÑOS M., 1930. Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cádiz. Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid, Ed.Facsímil, Consejería de Medio Ambiente, AFA, Sociedad Malagueña de Ciencias.
- CEBALLOS L., VICIOSO C., 1933. Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Málaga. Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid. Ed.Facsímil, Sociedad Malagueña de Ciencias.
- CUATRECASAS J., 1930. Una visita al pinsapar de la Sierra de las Nieves. Butlleti del Institutió Catalana de Historia Natural.
- DIRR M.A., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA.
- EDWARDS D.E., 2008. *Abies* P. Mill. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 149-198.
- FERNÁNDEZ CANCIO A., NAVARRO CERRILLO R.M., FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ R., GIL HERNÁNDEZ P., MANRIQUE MENÉNDEZ E., CALZADO MARTÍNEZ C., 2007. Climate classification of *Abies pinsapo* Boiss. forests in Southern Spain. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 16(3), 222-229.
- FONT QUER P., 1954. La vegetación. En: Geografía de España y Portugal. Tomo II. (Terán M., ed.). Montaner y Simón. Barcelona. pp. 145-271.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix\\_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix\\_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GONZALO J., GARCÍA J.M., ALLUÉ C., 2004. Potencialidades y adecuaciones fitoclimáticas de *Abies pinsapo* Boiss. en España. Montes 77, 24-32.
- HERRERA J., ARISTA M., TALAVERA S., 1999. *Abies pinsapo* Boiss. En: Libro Rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía. Tomo I. Especies en peligro de extinción. (Blanca G., ed.). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. pp 34-38.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGUNA M., 1883. Flora Forestal Española. Imprenta Nacional del Colegio de sordomudos y ciegos. Madrid. Tomo I. Edición Facsímil (1993). Xunta de Galicia, Conselleria de Agricultura, Ganadería y Montes. pp. 35-44.
- LAZA PALACIOS M., 1935. Algunas observaciones geobotánicas en la Serranía de Ronda. Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. 36, 39-46.
- LINARES J.C., CARREIRA J., 2006. El pinsapo, abeto endémico andaluz. O, ¿Qué hace un tipo como tú en un sitio como éste? Ecosistemas 15(3), 171-191.
- MARTÍN S., DÍAZ-FERNÁNDEZ P., DE MIGUEL J., 1998. Regiones de procedencia de especies forestales españolas: género *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- MARTÍN CUEVAS M.A., MARTÍN MARTIN L.M., ÁLVAREZ CABELLO J.B., 2009. Diversidad genética en poblaciones de *Abies pinsapo* mediante el empleo de las proteínas de reserva del megagametofito. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., CALZADO C., 2004. Establecimiento de una red de equilibrios biológicos en ecosistemas con presencia de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía. Pirineos 158-159, 10-25.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 55-58.
- NAVARRO CERRILLO R.M., LARA FERNÁNDEZ A., BLANCO OYONARTE P., CALZADO MARTÍNEZ C., LÓPEZ QUINTANILLA J., FERNÁNDEZ CANCIO A., GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., SÁNCHEZ SALGUERO R., 2006 a. Aproximación a la definición del hábitat fisiográfico del *Abies pinsapo* Boiss. en Andalucía. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 137-152.

- NAVARRO CERRILLO R.M., RETAMOSA M.J., LOPEZ J., del CAMPO A., SALMORAL L., 2006 b. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. *Ecol. Eng.* 27, 93-99.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GUZMÁN J.R., LÓPEZ QUINTANILLA J., SÁNCHEZ SALGUERO R., MORENO J., SALMORAL G., 2011 a. Restauración de pinsapares en Andalucía. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- NAVARRO CERRILLO R.M., LÓPEZ QUINTANILLA J., BLANCO OYONARTE P., SÁNCHEZ SALGUERO R., GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., CALZADO MARTÍNEZ C., LARA A., 2011 b. Distribución actual y potencial de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.). En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- PICHER MORELLO M.N., CAMPOS FUSTER E., VENTINILLA ANTÓN P., 2010. Datos de caracterización de lotes de semillas del Banc de Llavors Forestals. Generalitat Valenciana, Laboratorio de semillas-CIEF, Valencia. Documento no publicado.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 107-116.
- SALMORAL G., NAVARRO-CERRILLO R.M., GUZMAN ALVAREZ J.R., 2008. Evaluación de los trabajos de repoblación para favorecer la restauración del pinsapar de la Sierra de las Nieves (1960-2007). *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 95-102.
- SERICHOL C., LINARES J.C., VIÑEGLA B., COVELO F., MERINO J.A., CARREIRA J.A., 2011. La Ecofisiología del pinsapo. Procesos fisiológicos que subyacen a las observaciones ecológicas. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- SOTO GARCÍA D., 1997. Marcador filogenético del género *Abies*. *Ensayos parciales. Ecología* 11, 255-276.
- SOTO GARCÍA D., 1998. Razas y variedades de *Abies pinsapo*. *Ecología* 12, 225-236.
- SOTO GARCIA D., 2006. Núcleos residuales de pinsapo perdidos en Andalucía en el siglo XX. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie*, 79-86.
- TALAVERA S., TERRAB A., ARISTA M., 2011. Diferenciación genética de *Abies pinsapo*. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- VALLE F. (coord.), 2003. Mapa de Series de Vegetación de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía - Ed. Rueda, Sevilla.
- WILLKOMM M., 1873. Las Sierras de Granada. Ed. Facsímil (1993), Caja General de Ahorros de Granada, Granada.