

Aproximación a la definición del hábitat fisiográfico del *Abies pinsapo* Boiss. en Andalucía

R. M^a Navarro Cerrillo^{1*}, A. Lara Fernández¹, P. Blanco Oyonarte²,
C. Calzado Martínez¹, J. López Quintanilla², A. Fernández Cancio³,
J. R. Guzmán Álvarez¹ y R. Sánchez Salguero¹

¹ Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba.

Apdo. de Correos 3048. 14080 Córdoba.España

² Consejería de Medio Ambiente. Delegación de Málaga. Junta de Andalucía. España

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Ciencia y Tecnología. España

Resumen

Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) constituyen una de las formaciones más singulares del sur de la península ibérica. En este trabajo se actualiza el área de distribución de la especie en sus localizaciones principales, Sierra de las Nieves (Málaga) y Serranía de Ronda y Grazalema (Málaga-Cádiz), aportando localizaciones nuevas, y revisando la superficie con presencia de la especie. A partir de esta información se ha estudiado la potencialidad fisiográfica del pinsapo mediante el modelo de regresión MARS[®] basado en modelos de regresión logística. Las variables fisiográficas empleadas como predictores fueron la altitud, la insolación, y el *Compound topographic index*, un indicador de variabilidad topográfica. La variable dependiente utilizada ha sido la distribución actual de la especie. El modelo de potencialidad ha mostrado un área óptima para la especie de 1.332 ha, y una zona de potencialidad media de 18.048 ha. El patrón de distribución obtenido es bastante irregular, adaptándose a la compleja fisiografía de las sierras del suroeste peninsular. La principal discrepancia del modelo presentado con esquemas de vegetación potencial anteriores radica en la ausencia de pinsapares en las partes más basales y térmicas de Yunquera y de la Sierra de Grazalema.

Palabras clave: vegetación potencial, corología, regresión logística, pinsapo.

Abstract

Physiography potentiality of Spanish fir forests (*Abies pinsapo* Boiss.) in Andalucía

Spanish fir (*Abies pinsapo*) forests (*Abies pinsapo* Boiss.) are one of the most outstanding formations in the south of Spain. To find out their potentiality, a regression model (MARS[®]) based on logistic regression has been used. Physiography variables used as predictors were: altitude, insolation, and the Compound Topographic Index. The dependent variable used was the present distribution of the species, for which the largest number possible of locations in their principal nuclei were reviewed, i.e. Sierra de las Nieves (Málaga), and Serranía de Ronda and Grazalema (Málaga-Cádiz). The potentiality model has shown an optimal area of 1,332 ha and a mean potentiality area of 18,048 ha. The distribution pattern obtained was fairly irregular and was adapted to the complex physiography of the mountains in south-eastern Spain. The main inconsistency of the model presented with previous potential vegetation models lay in the absence of Spanish fir forests in the most basal and warmest parts of Yunquera and the Sierra de Grazalema.

Key words: potential vegetation, corology, logistic regression, Spanish fir.

Introducción

El pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.) ha sido ampliamente descrito por numerosos autores (Ceballos y Martín Bolaños, 1928; Ceballos y Ruiz de la Torre,

1971; Castroviejo *et al.*, 1986; Arista *et al.*, 1997). Los pinsapares son uno de los ecosistemas más singulares de España, debido a la importancia ecológica de la especie dominante (*A. pinsapo*) y a su escasa extensión, estando su distribución ibérica restringida a la serraña de Ronda y a las sierras de Grazalema y Bermeja. Es, por tanto, la única manifestación de abetar que se desarrolla en un ámbito estrictamente mediterráneo

* Autor para la correspondencia: ir1nacer@uco.es

Recibido: 19-04-06; Aceptado: 26-10-06.

dentro de la península, lo que le otorga un elevado valor geobotánico y ecológico.

El pinsapo es sin duda el más xerófilo de todos los abetos mediterráneos (Aussenac, 2002). Su frugalidad en relación 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 característica estación seca y cálida (julio y agosto), que salvan refugiándose en orientaciones de umbrías entre los 1.000 y 1.800 m, donde las temperaturas no son tan extremas y el efecto del estiaje se amortigua (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Arista *et al.* 1997; Aussenac, 2002; Ruiz de la Torre, 2006). Dentro de una cierta indiferencia sobre la naturaleza mineralógica 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, pero se adapta a los de otra naturaleza, ya que en los Reales de Genalguacil y en parte de la Sierra de Tolox aparece sobre peridotitas y algunos bosques de Yunquera están en terrenos de gneis o micacitas.

Existen numerosas referencias geobotánicas para el pinsapo desde principios del siglo XIX (Rojas Clemente, 1809; Bossier, 1839; Laguna, 1868; Willkomm, 1873; Laguna 1883; Ceballos y Martín Bolaños, 1928, 1930; Ceballos y Vicioso, 1933; Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Asensi y Rivas, 1976; AFA, 1994; Arista *et al.*, 1997; Costa *et al.*, 1997), ampliados en trabajos más recientes (Ruiz de la Torre, 1990, 2006). Otros trabajos incorporan descripciones de los pinsapares, pero sin aportar un mayor detalle en cuanto a su área de distribución (Cuatrecasas, 1930; Laza Palacios, 1935; Font Quer, 1954; Bon i Tort, 1974; Asensi y Díaz, 1987; Martínez y Peinado, 1987; Soto, 1997), destacando la documentación aportada por la revisión de la Asociación Forestal de Andalucía (varios autores en AFA, 1994). Los estudios fitosociológicos han aportado información sobre la distribución potencial de la especie (Asensi y Rivas Martínez, 1976; Valle, 2003), aunque siempre se plantea un cierto grado de incertidumbre sobre estas propuestas, en particular en localizaciones de difícil identificación.

Los mapas de distribución potencial son construcciones teóricas que parten de un proceso hipoté-

tico-deductivo. La interpretación de la vegetación potencial se ha realizado tradicionalmente por métodos descriptivos, basados en la experiencia del investigador en el conocimiento de la vegetación de la zona y en la interpretación de las etapas seriales. Una muestra de este sistema es el mapa de series de vegetación de España (escala 1:400.000) (Rivas Martínez, 1987) o el mapa de vegetación potencial de Andalucía (Valle, 2003). En las últimas décadas hemos asistido al rápido desarrollo de nuevas teorías numéricas para el estudio de la potencialidad de las especies vegetales basadas en criterios cuantitativos (Guisan y Zimmermann, 2000). Más recientemente se ha comenzado a utilizar otras aproximaciones para la clasificación de hábitat, como los estudios de autoecología paramétrica (Sánchez Palomares *et al.*, 2004), o procesos estadísticos como los análisis de componentes principales (Robertson *et al.*, 2003), el uso de árboles de clasificación (Vayssières *et al.*, 2000), las regresiones logísticas (Augustin *et al.*, 2001) y las regresiones multivariantes (Muñoz y Felicísimo, 2004).

En España algunos de estos modelos se han utilizado ya para el estudio de la distribución potencial de la encina y el alcornoque (Benito *et al.*, 2003; Muñoz y Felicísimo, 2004). Los métodos no paramétricos permiten establecer relaciones no lineales y realizar una selección y simplificación de las variables locales. Normalmente los modelos de distribución de organismos o especies se suelen ajustar de forma no lineal, por lo que parece apropiado emplear este tipo de métodos en estos casos. El método MARS (*Multivariate Adaptive Regression Splines*) es un ejemplo de esta categoría (Muñoz y Felicísimo 2004).

Los métodos numéricos requieren información básica de buena calidad (Lund y Iremonger, 2000), en particular sobre el área de distribución actual de la especie y un conjunto de datos climáticos, fisiográficos, etc., que constituyen un sistema de información espacial que debe permitir determinar la compatibilidad de cada punto del territorio para la existencia de un determinado tipo de vegetación. Una vez que los modelos de distribución potencial han sido delimitados, cada lugar del territorio se representará con un valor de compatibilidad.

En este trabajo se estudia la potencialidad del *Abies pinsapo* Boiss. en Andalucía, mediante el uso de un modelo de regresión logística a partir de variables fisiográficas, y utilizando la distribución actual de la especie como variable dependiente.

Material y Métodos

Obtención de la distribución actual del pinsapo

Fuentes básicas de información

El área de estudio consideró los núcleos actuales de población de la especie en Málaga (Parque Natural Sierra de las Nieves y Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja) y en Cádiz (Parque Natural Sierra de Grazalema). El Mapa Forestal de España (1:200.000; 1:50.000) (Ruiz de la Torre, 1990) se utilizó como base cartográfica de la cubierta forestal actual en el área de estudio. Posteriormente, se procedió a la delimitación de las masas de pinsapo a partir de las ortofotos pancromáticas de la Junta de Andalucía en formato digital a escala 1:5.000, utilizando criterios de contraste tonal, textura, apariencia de copas y sombras. Dado que las ortofotos utilizadas correspondían a emulsión pancromática y, por tanto, a fotografía en blanco y negro, por efecto del relieve existirán zonas muy oscuras en las imágenes donde no fue posible la observación de la vegetación. Por el contrario, la fotointerpretación se vio facilitada por el peculiar porte cónico de *A. pinsapo*, que ofrecen un aspecto muy característico en la fotografía aérea, donde son visibles las sombras triangulares asociadas a los árboles, o en vistas más verticales la parte superior de la copa muy apuntada y estrecha. Gracias a este hecho, el reconocimiento de rodales de *A. pinsapo* en la fotografía aérea pudo hacerse con bastante fiabilidad, aunque existen algunas limitaciones:

1.º En las ortofotografías sólo son fácilmente reconocibles aquellas masas puras de pinsapar adulto, siendo difícil la interpretación de masas mixtas o en proceso de regeneración, tanto puras como bajo cubierta de otras especies.

2.º Existen zonas de elevada pendiente como profundas gargantas o desfiladeros que al no recibir luz aparecen totalmente oscuras en la ortofotografía, de forma que la fotointerpretación de una posible mancha de pinsapos se hace prácticamente imposible.

Verificación del área de distribución mediante trabajo de campo

La verificación y corrección de la primera cartografía se hizo recorriendo a pie o en vehículo las zonas ocupadas por pinsapares, principalmente aquellas que pre-

sentaron mayores dificultades a la hora de la fotointerpretación. En cada ruta se contó con la compañía del agente forestal de cada una de las zonas. Según se iban recorriendo los pinsapares se delimitaron las nuevas localizaciones y los contornos en el mapa 1:10.000 (Instituto Cartográfico de Andalucía), indicando la composición del pinsapar de acuerdo al siguiente criterio:

— Masa pura: el pinsapo es la especie principal de la masa en un porcentaje (en número de individuos) entre el 70 y el 100%.

— Masa mixta: el pinsapo se encuentra formando masa en mezcla (<70%) con otra/otras especie arbórea, generalmente especies del género *Pinus* y *Quercus*.

— Masa en regeneración: son aquellas zonas en las que la masa la forman individuos de la clase de edad de repoblado o monte bravo de pinsapo, bien bajo cubierta de otras especies arbóreas o en solitario.

— Ejemplares aislados: se trata de pies presentes normalmente en zonas alejadas de las masas más importantes en forma de individuos o grupos reducidos.

— Repoblaciones: plantaciones artificiales realizadas en los diez últimos años.

Así como información sobre el estado vegetativo y la presencia de regenerado.

Obtención del mapa de distribución potencial de *Abies pinsapo*

Análisis multivariante

El programa MARS (*Multivariate Adaptive Regression Splines*) (Friedman, 1991; <http://salford-systems.com>) es una herramienta que permite elaborar modelos de predicción para variables dependientes tanto continuas como binarias. El método está basado en construir modelos flexibles ajustando regresiones lineales no paramétricas paso a paso (*piecewise*), lo que significa que la no linealidad del modelo se aproxima mediante el uso de modelos de regresión separados en distintos intervalos del conjunto de datos, y la pendiente de la ecuación de regresión cambia de un intervalo a otro (Friedman, 1991).

El modelo óptimo se selecciona en dos pasos, primero se genera un modelo sobreajustado con todas las variables posibles, y a continuación se identifican aquellas que más contribuyen al ajuste final, eliminándose los demás. Las variables se identifican mediante las llamadas *funciones básicas* (*basic functions*), que son un conjunto de funciones empleadas para representar la

información contenida en una o más variables, expresando la relación entre las variables independientes y la variable dependiente. La bondad del modelo se estudia a través del valor del error generalizado de validación cruzada (*gcv*, *generalized cross-validation*), que considera tanto el error residual como la complejidad del modelo. El modelo óptimo es el que tiene menor error generalizado de validación cruzada.

Selección de variables

En este trabajo, la variable dependiente está representada por el mapa de presencia-ausencia obtenido a partir del mapa de distribución actualizado obtenido en el epígrafe anterior. La información se registra en una matriz binaria, codificándose con valor 1 la presencia de pinsapo y con 0 la ausencia. En nuestro caso el modelo se procesó con una muestra de 10.346 puntos de los cuales 665 tenían presencia de pinsapo y 9.681 ausencia.

Las variables independientes, manejadas bajo forma de modelos digitales del terreno, fueron creadas a partir de un modelo de elevación (MDE) de 20 metros de tamaño de celda suministrado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Las variables seleccionadas fueron:

— Altitud: obtenida directamente del modelo digital de elevaciones (MDE).

— Pendiente: mediante el operador Sobel (Horn, 1981), que estima la pendiente de una celda en función de la pendiente propia y de sus 8 vecinos más próximos. El resultado que se obtiene con la aplicación de esta función a cada celda es el modelo digital de pendientes, una matriz estructuralmente igual al MDE pero en la cual cada celda recoge un valor de pendiente estimado.

— Insolación potencial: se define como insolación potencial en un punto el tiempo que está expuesto a la radiación solar directa en una época determinada del año en ausencia de nubosidad. La construcción de los

modelos digitales de insolación (MDI) se realiza simulando la trayectoria solar para cada época del año y analizando la existencia o no de sombreado sobre cada celda (Felicísimo, 2003). Al final del día se obtiene la suma del tiempo que cada celda está expuesta a la radiación solar. El cálculo se realizó para intervalos de tiempo de 20 minutos. En cada modelo se expresaron los valores de insolación potencial entre un mínimo de 0 (celdas en sombra durante todo el día) y un máximo dependiente de la duración del día en cada época del año. A partir del MDE se crearon 2 modelos de insolación potencial (MDI), MDI-23 y MDI-12 en función de la declinación solar (Tabla 1), que son capaces de explicar razonablemente algunos contrastes microclimáticos evaluando la influencia de las zonas umbrías (Felicísimo, 2003).

— Índice CTI (*Compound topographic index*): el CTI es un índice que representa la capacidad de acumular agua de un punto de territorio (Felicísimo, 2003) y se define como el resultado de dividir el área subsidiaria de cada punto por la pendiente en ese punto. Es función de la pendiente y del área de aporte aguas arriba por unidad de anchura ortogonal a la dirección aguas arriba. Este índice está altamente relacionado con numerosas propiedades del suelo (Felicísimo, 2003).

Las anteriores variables fueron escogidas porque son predictores potenciales de la distribución de la vegetación en zonas de montaña (Felicísimo, 2003). Por otra parte, otros factores (como las precipitaciones y la temperatura) no han sido utilizados debido a la falta de información meteorológica completa por la escasez de estaciones en el área, aun cuando su importancia en la distribución de la especie es importante.

Generación de la base de datos espacial e integración de la información en un SIG

A partir de la información digital elaborada previamente se creó una base de datos espacial a través

Tabla 1. Descripción de los diferentes modelos de insolación utilizados en función de la época del año y, por tanto, de la declinación solar

Declinación solar	Efeméride astronómica y fecha central	Días representados	Máxima insolación	Mínima insolación	Modelo creado
-22,5°	Solsticio de invierno: 21 de diciembre	45	8h 50 min	0 min	Mdi-23
-12,5°	Intermedio entre el equinoccio de otoño y el solsticio de invierno	44	10 h 30 min	0 min	Mdi-12

de un muestreo aleatorio según se describe a continuación:

— Selección de muestras.—Consiste en seleccionar un conjunto de puntos aleatorios a lo largo del área de estudio, que contiene puntos donde la especie está presente y puntos donde la especie está ausente. Se utilizó la rutina en Avenue Makerandom.ave (Felicísimo, 2003), que realiza un muestreo aleatorio estratificado sobre dos clases presencia/ausencia.

— Creación de un fichero de muestreo con las variables independientes.—Se creó un fichero de texto en el que aparecían todos los puntos de muestreo con el valor correspondiente de cada una de las variables independientes elegidas, mediante el *script* para Arcview Createsample.ave (Felicísimo, 2003).

Elaboración del modelo de idoneidad

El resultado final que obtenemos con MARS es una función que predice el valor de potencialidad (variable dependiente) en función de las variables independientes seleccionadas, y que se expresa matemáticamente por las funciones básicas. El análisis MARS se realizó considerando 18 funciones básicas, 3 interacciones y un factor de velocidad de 4. Simultáneamente a la generación del modelo, se obtiene un informe con un resumen de los parámetros principales del ajuste del mismo, una tabla ANOVA, una tabla con la importancia de cada variable, la descripción de cada una

de las funciones básicas y una tabla de contingencia. La información se integró en un SIG para generar el modelo de idoneidad mediante un programa en AML de ArcInfo, que generó el mapa de distribución potencial del pinsapo consistente en un *grid* que muestra la compatibilidad de cada punto del territorio estudiado para la presencia de la especie, estando su valor comprendido entre 0 (incompatible) y 1 (idóneo).

Resultados

Distribución actual del pinsapo

En la Figura 1 y la Tabla 2 se muestran las localizaciones con presencia de pinsapo en la Sierra de las Nieves y su entorno. Los pinsapares se desarrollan en estas sierras principalmente sobre calizas, preferiblemente en laderas noroccidentales (S^a de las Nieves), aunque en la S^a de Tolox también se encuentran formando pequeños bosquetes de menor extensión que ocupan barrancos y cañadas de orientación noreste (Cañada del Cuervo, Cañada de Enmedio), así como zonas fuertemente pastoreadas como los Cerros del Moro, de Abanto y de Alcojona. Dos pinsapares de especial valor ecológico y paisajístico son los de Parauta y Monte Bornoque 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 (*Pinus pi-*

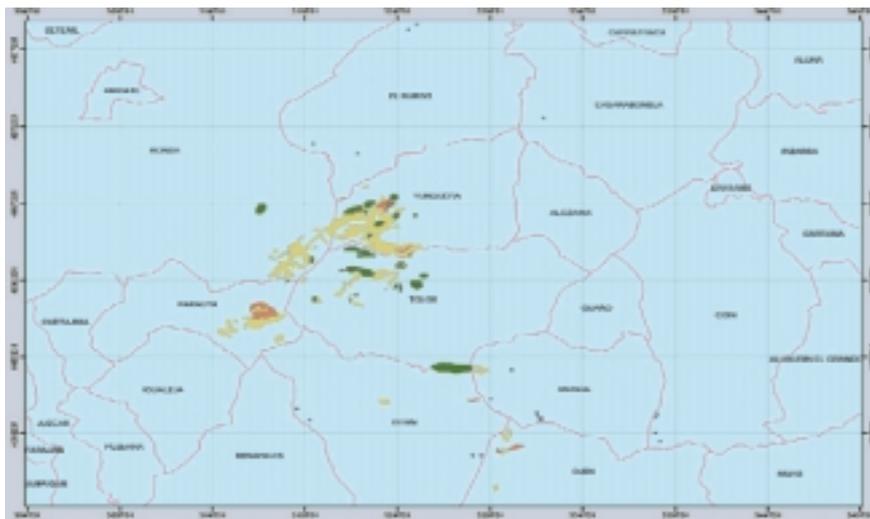


Figura 1. Distribución de *Abies pinsapo* en Sierra de las Nieves y su entorno. Las masas puras se muestran en amarillo, las mixtas en marrón, las áreas de regeneración en verde y los ejemplares aislados en azul.

Tabla 2. Localizaciones de *Abies pinsapo* Boiss. en el Parque Natural de Sierra de las Nieves y su entorno (Málaga)

Término municipal	Localidad	Superficie	Tipo de masa	Regeneración
Yunquera	Puerto Saucillo	280 ha	Masa pura	Masa de repoblación de <i>Pinus pinaster</i> con regeneración en el subpiso
Yunquera	Los Lajares	200 ha	Masa pura. Masa mixta con <i>Pinus halepensis</i>	
Yunquera	Los Hornillos y pinsapar de Cubero	230 ha	Transición entre masa mezclada con <i>Pinus halepensis</i> en la parte baja, hasta masa pura con pies dispersos en la parte alta del pinsapar de Cubero	
El Burgo	Limite con Yunquera	3 ha		
El Burgo	Monte La Laja	3 ha		
El Burgo	Víbora baja (Monte Palomas), Fuente Platero (La Roca del Escribano), La sima de la Graja (Las Ventillas)		Pies aislados	
Tolox	Pico Torrecilla	42 ha	Masas puras de individuos adultos	
Tolox	Confluencias del río de los Horcajos y la ladera del Cerro Corona			
Tolox	Cerro Alcazaba, Cerro de la Cirva y Cerro del Chaparral	Pequeñas masas	Masas puras de individuos adultos	
Ronda	Cañada del Cuervo, las de En Medio y las de las Animas	250 ha	Bosquetes puros	Escasa
Ronda	Sierra Hidalga		Pies dispersos	Abundante alrededor de los pies
Parauta	Cerro Alcojon	110 ha	Masa pura que se va mezclando con encina hacia La Nava	
Parauta	Limite con el Termino municipal de Higualeja		Bosquetes puros	
Parauta	Cerro Abantos		Pequeño bosque	
Casarabonela	Sierra Prieta		Pies aislados	
Monda	Arroyo de Gaimón-Puerto Verde	27 ha	Masa mixta coníferas-frondosas con un peso aproximado de pinsapo del 15%.	Regeneración adecuada
Monda*	Puerto de Moratán	0,35 ha	Pequeño bosque aislado, en mezcla con pino negral	Escasa
Monda*	Cabecera del arroyo del Rosal		Pie maduro aislado	Inexistente
Monda*	Alto de Canucha		Pies dispersos (vivos: 6, y muertos: 2)	Inexistente
Monda*	Loma de Maldonada-Arroyo de Gaimón		2 ejemplares quemados en el año 1994	Inexistente
Monda	Zona oeste en el limite con Istan y Tolox	27 ha		
Istan	Ladera		Alcornocal con presencia de regenerado de pinsapo	
Istan	Loma de los Sapos	15 ha	Masa pura de individuos adultos	
Istan*	Loma de los Pinos		Ejemplares aislados a lo largo de la ladera	

Tabla 2 (continuación). Localizaciones de *Abies pinsapo* Boiss. en el Parque Natural de Sierra de las Nieves y su entorno (Málaga)

Término municipal	Localidad	Superficie	Tipo de masa	Regeneración
Istan	Puerto Verde-Las Zarzalonas (Bornoque)	100 ha	Masa mixta de frondosas y coníferas con pequeños bosquetes y pies dispersos de pinsapo	Escasa
Istan*	Cerro Escamilla (Bornoque)	6,5 ha	Masa mixta de frondosas y coníferas con pies dispersos de pinsapo	Escasa
Istan	Loma de los Pinos. Cabecera del arroyo del Hoyo del Bote (Sierra del Real)		Ejemplares aislados a lo largo de la ladera	
Istan*	Sierra Blanca: Umbría del cerro de la Fulaneja		3 ejemplares aislados	
Ojen*	Sierra Canucha: Umbría del Picacho de Castillejos	12,5 ha	Masa pura y densa con buena distribución de edades	Muy abundante
Ojen*	Sierra Canucha: Umbría de los Cuchillos	8 ha	Masa pura en espesura abierta	Presente
Ojen	Sierra Blanca: El Pozuelo	7 ha	Pequeño pinsapar que, en la misma ladera, se extiende en dirección NW y SE con numerosos pies aislados (desde jóvenes a decrepitos) en mezcla creciente con pino carrasco, encina y enebro de miera, hasta alcanzar una superficie aproximada de 24 ha	Buena regeneración
Ojen*	Sierra Blanca: Corral Viejo de Juanar	8 ha	Masa mixta con protagonismo de pino negral, que proporciona refugio a unos 40 pies de pinsapo	Buena regeneración
Ojen	Sierra Blanca	30-50 pies	Masa de pino negral	
Coin*	Sierra de Alpujata: cabecera del río Pereilas y finca Majada de la Corcha		Pies aislados	

* Nuevas citas para la especie.

nea L.), pino negral (*Pinus pinaster* Aiton.), alcornoque (*Quercus suber* L.), quejigo (*Quercus faginea* Lam.) y encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.), con un sotobosque denso y variado en matas y arbustos. En esta zona los pinsapares también tienen presencia en la S^a Blanca de Marbella (sobre calizas y dolomías metamórficas cristalinas), en la vertiente norte de la S^a del Alcor y, como pequeños rodales o pies aislados, en S^a 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. En los

estudios de campo de esta zona se han identificado 11 localizaciones nuevas para la especie, destacando las correspondientes al término municipal de Monda (4), Istan (3), Ojen (3) y Coin (1).

La presencia del pinsapo en Sierra Bermeja se concentra en el pico de los Reales de Sierra Bermeja en la confluencia de los términos municipales de Genalguacil, Estepona y Casares (Fig. 2). El pinsapar de Los Reales es el más conocido y el de mayor superficie (67 ha de masa densa y pura). Perteneciente al término de Genalguacil, se extiende a lo largo de la vertiente norte del pico Reales entre los 1.400 y 1.000 m; y en su zona más baja, contacta con zonas de pino negral al que va dejando paso. Contiguas a esta masa existen



Figura 2. Distribución de *Abies pinsapo* en Sierra Bermeja. Las masas puras se muestran en amarillo y las áreas de regeneración en verde.

dos zonas donde se evidencia buena regeneración. Al oeste, a lo largo del barranco que confluye en el arroyo de La Gargantilla, y al este existe una amplia zona de regeneración en toda la ladera este del pico Reales con algunos pies adultos salpicados. En esta misma ladera, ya perteneciente al término de Estepona, podemos encontrar el segundo bosque de pinsapo de unas 10 ha, en donde existen numerosos ejemplares adultos. También en el término de Genalguacil, se halla un tercer rodal, también conocido como el de los Reales Chicos. Se trata de una masa adulta de 18 ha situada entre 1.200 y 1.350 m. Por último, en la ladera oeste del pico Reales y perteneciente al término de Casares se encuentra otro rodal conocido como Pinsapar de Casares o de la Mujer, formado en su mayoría por ejemplares adultos y ocupa una superficie de 18 ha. En esta zona no se han encontrado nuevas localizaciones de pinsapo.

En Cádiz se encuentra el pinsapar de la S^a del Pinar, donde el pinsapo se desarrolla en masas con ejemplares jóvenes y vigorosos especialmente abundantes en su vertiente norte, sobre sustratos calizos (Fig. 3 y Tabla 3). Otros rodales de menor importancia se localizan en las umbrías o vaguadas de S^a de Zafalgar, S^a del Endrinal, S^a Margarita, Río Verde, etc. También podemos encontrar algún bosque y ejemplares aislados en los términos de Benaocaz y Villaluenga del Rosario. Las nuevas localizaciones aportadas en este tra-

bajo se localizan principalmente en pequeños enclaves en los términos municipales de Grazales (11), así como la referencia a repoblaciones recientes en Villaluenga del Rosario (5) y Cortes de la Frontera (1).

La superficie total de pinsapo obtenida en este trabajo es de 3.956,35 ha. En la Sierra de las Nieves la superficie total es de 1.939,6 ha, correspondiendo 951,5 ha a masas puras, 378,5 ha a masas mixtas y 6,3 ha a pies dispersos y bosquetes. En la Sierra de Grazales la superficie total es de 1.799,3 ha, ocupando las masas puras un total de 749,6 ha, las masas mixtas 28,3 ha, los pies dispersos y los bosquetes 840,2 ha y las repoblaciones 181,2 ha. Finalmente en Sierra Bermeja el pinsapar ocupa 217,4 ha, con 103 ha de masas puras y el resto de regenerado bajo cubierta.

Modelo de distribución potencial del pinsapo

En la Tabla 4 aparecen las variables independientes utilizadas en el modelo fisiográfico ordenadas de mayor a menor importancia, expresados a través de la contribución de cada variable al modelo, y el valor del error generalizado de validación. Las variables que más contribuye al modelo son la altitud y la insolación, como indicadores de las condiciones mesoclimáticas. El coeficiente de determinación de la regresión generada por el modelo fue de $R^2 = 0,53$ ($P < 0,001$) (Tabla 5).

Tabla 3. Localizaciones de *Abies pinsapo* Boiss. en el Parque Natural de Sierra de Grazalema y su entorno (Cádiz)

Término municipal	Localidad	Superficie	Tipo de masa	Regeneración
Grazalema	Caídas de la Sierra del Pinar (Área de Reserva)	626,2 ha 10 ha 14 ha Bosque 460 ha	Masa pura	Abundante
Grazalema	Monte de Las Encinas y los Laureles. «Curva del pinsapo» parte alta y baja de la carretera	9,6 ha	Pies dispersos > 10 m, entre encinas y algarrobos, procedencia natural	Inexistente
Grazalema	Cañadas subida al pico «El Torreón». Cañadas de subida sendero al pico «El Torreón»	31 ha	Pies dispersos de > 10 m (25-30 pies) en todas las cañadas, mezcla con sabinas, procedencia natural	Escasa
Grazalema	Monte de Las Encinas y los Laureles. Entre Aiaero y cabreriza de arriba, parte baja de la carretera, pies sueltos parte alta	12,3 ha	Pinsapos viejos dispersos entre encinas achaparradas, monte muy espeso de encinas y lentisco. Procedencia natural	No existe por presencia de ganado caprino permanente y fauna cinegética
Grazalema*	Sierrecilla y Peñón grande. Pinar desde Puerto del Boyar hasta campo fútbol Grazalema	35,5 ha	Re poblados de diferentes edades (de 25 a 5 años) bajo cubierta de pinar (<i>P. pinaster</i>) y Cedros.	Escasa
Grazalema	Los llanos del Campo (Tesorillo y Capellanía). Sendero del Tesorillo hasta Área recreativa, Capellanía y cañada de subida al Torreón	15 ha	Pies dispersos de edad parecida, mezcla de encinas, quejigos, y en altura sabinas. Procedencia natural	Escasa, espeso auagar
Grazalema*	Hoyo El Tarazón. Hoyo tras la Cruz de la Atalaya de Benamahoma y subida a la Esquina del Tajo	2,7 ha	Numerosos pies bajo encinar, y matorraños, acotados con malla metálica en 2 parcelas, y numerosos pies sueltos alrededor de las parcelas de diferentes edades. Procedencia natural	Regenerado abundante bajo cubierta
Grazalema	Nacimiento Benamahoma. Parte superior de camino desde nacimiento hasta arroyo de la cancela de entrada a la Reserva	1,25 ha	Re poblaciones de diferentes edades bajo quejigal y algarrobos, algunos pies de procedencia natural	Escasa
Grazalema*	Los Pilones y la Cama del Puerco	32 ha		
Grazalema	Monteprieto. Bajada Puerto de Las Palomas hasta Puerto del Acebuche, y cañadas hacia Cerro El Montón.	84 ha	Numerosas re poblaciones de edades muy dispares, masas puras, con encinas, con sabinas, pies de procedencia natural en altitud y cañadas	Escasa, algo bajo pies de mayor edad
Grazalema	Cantazorra (Cerro del Chocolatero). Cerro desde Presa El Fresno hacia la Ribera de Gaidóvar, bajo subida a Puerto de Las Palomas	16 ha	Masa de individuos adultos dispersos en quejigal, procedencia natural, algunos pies viejos de re poblaciones	Escasa por ganado
Grazalema*	Ribera de Gaidóvar. Bajada desde Presa El Fresno hasta Escuela de la Ribera de Gaidóvar	8 ha	Abundantes pies dispersos mezclados con encinas, de edades dispares, de procedencia natural	Escasa por ganado
Grazalema	Sierra Zafalgar. Y Dehesa Puerto-hoyo del Pinar. Desde el Llano del Ravel hasta Garganta Seca	457,4 ha	Abundantes bosquetes y pies dispersos de edades muy variadas. Origen natural	Abundante regeneración bajo cubierta

Tabla 3 (continuación). Localizaciones de *Abies pinsapo* Boiss. en el Parque Natural de Sierra de Grazalema y su entorno (Cádiz)

Término municipal	Localidad	Superficie	Tipo de masa	Regeneración
Grazalema	Subida a Puerto el Pinar por Benamahoma. Desde altura Hoyo el Tarazón hasta mismo Puerto del Pinar, y caídas desde la emisora hacia camino de acceso	38,4 ha	Numerosos pies dispersos en ambos lados de la ladera, de diversas edades, origen natural y algunos plantados	Abundante
Grazalema	El Taramal-2. Repoblación <i>P. pinaster</i> . acceso por Vereda del Horno de la Miera, desde la Camilla	2,2 ha	Repoblación bajo cubierta de pinos, edad de las plantas pinsapos 10 años	Escasa en el repoblado
Grazalema	El Taramal-3. Cara NO Cañada del Nebra. Cara contraria del Cerro de la Cornicabra, cerca de linde con el Navazo, o acceso por cortafuego de carril al monumento	58,4 ha Bosquete 11 ha	Masa pura natural mayor de 40 años y numerosos pies sueltos en la cañada, numerosos pies de edades inferiores	Muy abundante
Grazalema	Sierra Zafalgar. La Camilla. Repoblación de <i>P. pinaster</i>	4,3 ha	Repoblación bajo cubierta de pinos, edad plantas pinsapos 10 años	Escasa en el repoblado
Grazalema	Sierra de Zafalgar. Desde el Llano del Ravel, todo el Taramal y la Camilla, hasta los Pilonos y Cama del puercu	2,2 ha	Multitud de bosquetes y pies dispersos de edades variadas, entre encinas, quejigos, y en zonas altas pedregosas. Procedencia natural	Abundante
Grazalema*	Albarracín. Paventura. Bajo mojón de Paventura, y a la izquierda en la linde de TM	—	Varios pies dispersos en la máxima cota de gran altura. Procedencia natural	Inexistente, ganado caprino
Grazalema	Monte de la Encinas y los Laureles. Cerro de las Cuevas. Por encima del cortijo de las Cuevas, en la linde	—	Pinsapo aislado, origen natural	Inexistente
Grazalema*	Albarracín. Subida a Paventura, por encima de la cabreriza	—	Pinsapo aislado, origen natural	Inexistente, ganado caprino
Grazalema	Las Albarradas. Jauleta. Acceso por el puerto del Boyar, hacia las Albarradas		Pequeña repoblación mayor de 20 años. Pocos pies vivos	Inexistente
Grazalema*	El Lagunazo (Benamahoma). Zona baja del primer cruce de Benamahoma hacia el río Majaceite, en antiguo cortafuego, tras depuradora	1,8 ha	Pies dispersos no muy viejos, bajo cubierta de quejigos y algarrobos, origen natural	Escasa
Grazalema*	El Granaillo. Por encima de los arenos de la entrada a los Llanos de Berra	0,3 ha	2-3 pies dispersos mezclados con encinas, de gran tamaño	Inexistente
Grazalema	Cerro El Montón y Cañada de los Ballesteros. Entrada por Puerto del Acebuche hasta Llano del Rave, cara norte del Cerro y Cañada izquierda	127,3 ha	Abundantes pies dispersos en cara Norte, procedencia natural.	Abundante
Grazalema	Monte de las Encinas y los Laureles. La Lagunilla y el Torviscalejo. Cara Noroeste de la Lagunilla, y bajada del Torviscalejo a la Cañada de los Laureles	1,6 ha	Varios pies dispersos, de altura bajo cubierta de encinas y quejigos, de origen natural	Escasa
Grazalema y El Bosque*	Albarracín. Los Toreros y El Cerraillo. Subida por Cruce de Benamahoma, hasta cortafuego	0,9 ha	Varios pies dispersos mayores de 30 años, en encinar y algarrobar. Origen natural	Escasa

Tabla 3 (continuación). Localizaciones de *Abies pinsapo* Boiss. en el Parque Natural de Sierra de Grazalema y su entorno (Cádiz)

Término municipal	Localidad	Superficie	Tipo de masa	Regeneración
Grazalema	Sierra Zafalgar, Cara SO. Continuación cara Norte de la Cañada del Nebra	30,7 ha 8,5 ha	Pies en alta espesura, de origen natural, pequeña formación boscosa, y pies aislados	Abundante
Grazalema	Sierra de Zafalgar (La Emisora y el Hinojar). Subida a la Reserva por Benamahoma, frente al Puerto del Pinar, cara Norte Hinojar	30 ha Bosquete 10,5 ha	Masa pura densa, de pies de gran altura de diversas edades, origen natural	Buena
Grazalema*	El Navazo	42 ha Bosquete 1,8 ha	3 manchas pies grandes	
Prado del Rey	El Argamazón. Mancha baja, cercanías de camino de acceso al cortijo. Mancha alta fuera de la finca, linde con Puerto del Lobo	5 ha 16 ha	Pies grandes aislados, distribuidos en dos manchas, una a 400 m de 4-5 pies, y otra a 700 m de 10-12 pies	Escasa, ganado caprino y cinegético.
Grazalema*	El Moro	1,5 ha	Pie viejo y abundante regenerado de diversas edades en arroyo bajo éste, origen natural	Muy abundante
Grazalema	La Breña del Agua		Varias manchas, una masa pura en la zona norte, y otra frente a plaza de toros mezclada con encinas. Origen natural	—
Grazalema	Sierra del Labradillo	32 ha	Pies dispersos en cara NO de Sierra del Labradillo	Escasa por ganado
Zahara de la Sierra	Peñón de los Toros. Albarranes	28,2 ha Bosquete 3 ha	Bosquetes y pies dispersos en cambio de cara de la montaña, justo en el puerto. Origen natural	Escasa
Benaocaz	La Silla. Zona alta de La Silla, acceso por el Higuero de Tavizna, cara Norte	5 ha	3 pies aislados de gran altura origen natural	Inexistente
Villaluenga del Rosario*	Navazuelos Fríos	3 ha	Replado noviembre 2004, bajo encinas, enebros y majuelos	Inexistente
Villaluenga del Rosario*	Sierra Blanquilla	6 ha	Replado diciembre 2004	Nula
Villaluenga del Rosario*	Llanos del Republicano	3 ha	Replado noviembre 2004	Inexistente
Villaluenga del Rosario*	Hoyo Quejigos	3 ha	Replación noviembre 2004	Inexistente
Villaluenga del Rosario*	Navazos de Líbar	3 ha	18-20 pies plantados hace 25 años en cortijo	
Villaluenga del Rosario	Sierra del Endrinal y Sierra del Caillo			
Cortes de la Frontera* (Málaga)	El Reloj	4 ha	Pie aislado y repoblación de 2005	Inexistente

* Nuevas citas para la especie.

Tabla 4. Contribución de cada una de las variables independientes al modelo de potencialidad fisiográfica de pinsapo

Variable	Importancia	Error generalizado de validación
Altitud	100,00	0,047
Insolación (MDI-23)	78,03	0,039
Pendiente	20,02	0,028
Insolación (MDI-12)	10,24	0,028
CTI	0,00	0,002

plo de este caso son los ejemplares identificados en Sierra Blanca de Ojen, donde se observa una buena regeneración, y varias localizaciones en Grazalema.

Esta cartografía tiene como objetivo mejorar en precisión las anteriores representaciones cartográficas para actualizar las localidades con presencia de la especie. En el caso del pinsapo, el Mapa Forestal de España (Ruiz de la Torre, 1990) sobreestima las áreas ocupadas por la especie, asignando una superficie de 5.709 ha a lo largo de los 3 núcleos principales donde se encuentra presente la especie, que en este trabajo se reduce a 3.956 ha. El MFE, al ser un mapa realizado a escala 1:200.000 tiene una precisión media en la representación de las áreas ocupadas por las formaciones forestales estenócoras, y presenta polígonos muy amplios de presencia sin discriminar que en el interior de esos polígono existen zonas donde la especie no está presente.

A partir de la distribución actual se ha elaborado un mapa de potencialidad fisiográfica para el pinsapo mediante un método de regresión logística multivariante. Esta metodología ha sido utilizada previamente con buenos resultados para otras especies forestales (Muñoz y Felicísimo, 2004). La creación de un modelo de potencialidad para el pinsapo pronosticaba a priori buenos resultados, dadas las características autoecológicas de la especie que hacia suponer buenos ajustes con ciertas variables como altitud, pendiente o insolación. El mapa de distribución potencial obtenido incorporar de manera correcta la presencia actual de la especie en la mayoría de los casos. Por ejemplo, los pinsapares de

Tabla 5. Coeficiente de determinación y estadística descriptiva del modelo de regresión generado para la evaluación de la potencialidad fisiográfica de *Abies pinsapo*

N	R ²	Sig. F	ES	P	SC
10.346	0,54	683,00	0,166	<0,001	248,07

Tabla 6. Representación del grado de acierto en las predicciones que se ha obtenido con el modelo de potencialidad fisiográfica de *Abies pinsapo*

Valor de potencialidad	Asignado 0	Asignado 1	Total
0	9.518	163	9.618
1	220	445	665
Total	9.738	608	10.346
Correctos (%)	97,74	73,19	93,57

Sierra de las Nieves o del pinsapar de Grazalema, donde altos óptimos de potencialidad corresponden con zonas ocupadas por la especie en la actualidad. En las zonas de potencialidad elevada, el modelo asigna áreas potenciales que sólo pueden confirmarse en campo a partir de restos dispersos que existen en la actualidad. Sin embargo, aparecen algunas masas de pinsapo en enclaves que el modelo señala con baja potencialidad. Esta circunstancia podría tener explicación en la elevada influencia que tienen algunas variables como la altura en el resultado del modelo, lo cual hace suponer que manchas de pinsapo que se encuentran en altitud por debajo de la habitual para la especie puedan ser clasificadas como menos favorables, por ejemplo algunos enclaves de Ojen e Istan.

En este sentido, el papel de las variables climáticas es a priori importante. En el presente trabajo no se han usado las más frecuentes (precipitaciones, temperatura...) debido a la falta de observatorios meteorológicos en la zona, de forma que no hubiera sido posible definir la variación climática espacial con una resolución compatible con las otras variables. Sin embargo, en este trabajo se han utilizado dos variables fisiográficas que se pueden considerar predictores climáticos indirectos, la altitud y la insolación (Felicísimo, 2003), y que han mostrado una gran capacidad explicativa del modelo. El factor crítico, por tanto, para mejorar la calidad del modelo puede ser la adecuada selección de las variables, más en su cualidad que en su cantidad (Peterson y Cohoon, 1999). Otra limitación adicional de los modelos basados en presencia/ausencia es la insuficiente presencia actual de la especie objeto de estudio y su variabilidad ecológica. Por esta razón, este tipo de modelos sólo se podrán llevar a cabo en zonas donde aún exista una representación suficiente del bosque original. En el caso del pinsapo, la distribución de partida parece recoger toda la amplitud ecológica de la especie (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971).

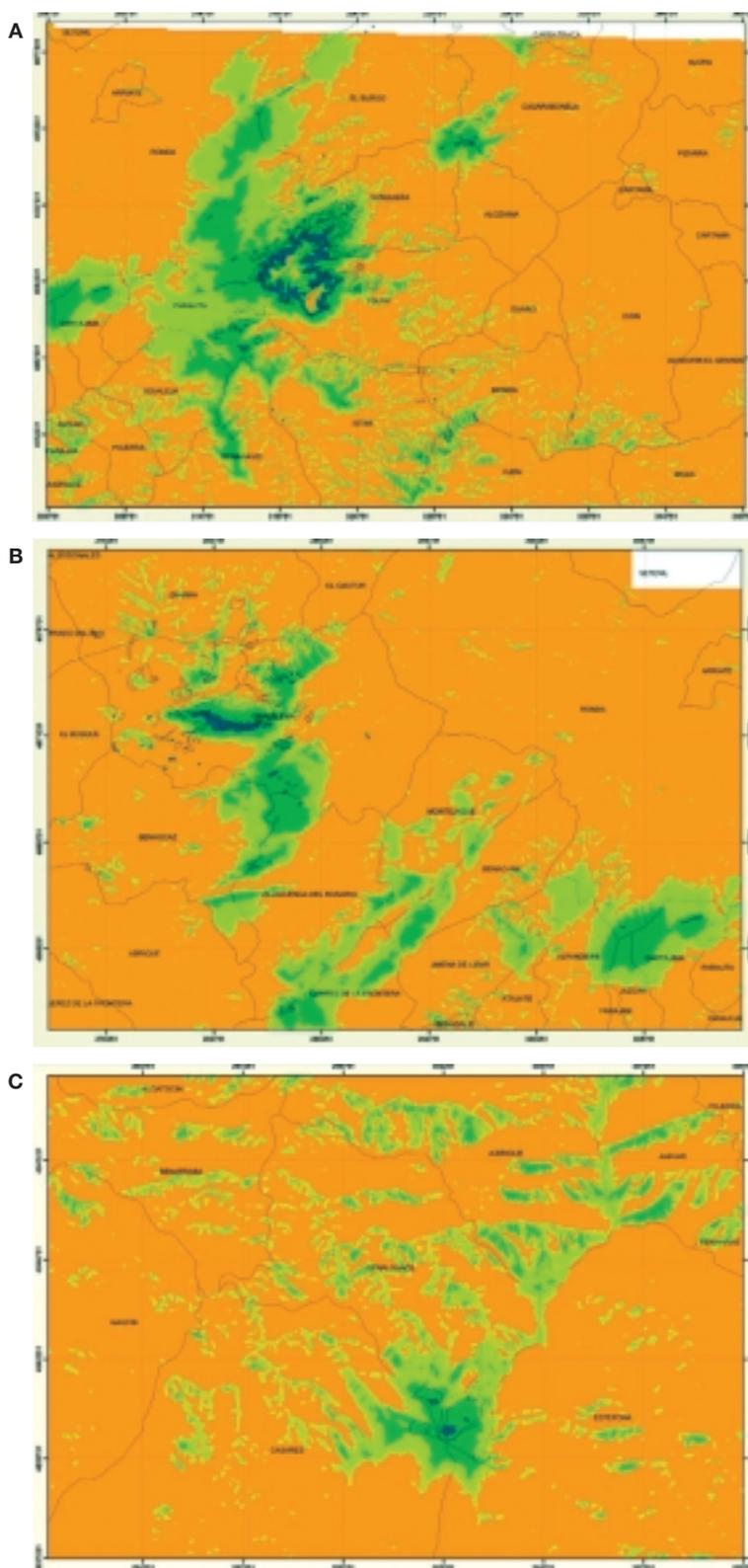


Figura 4. Potencialidad fisiográfica del pinsapo en Sierra de las Nieves (a), Grazales (b) y Sierra Bermeja (c). Los valores de idoneidad se simbolizan en una escala de colores: azul (óptimo), verde oscuro (elevada) y verde claro (baja).

Los modelos de distribución potencial basados en análisis estadísticos y su posterior incorporación a un SIG se plantean como un método fiable y útil para la gestión forestal, ya que se basan en procedimientos objetivos y explícitos. El modelo podría utilizarse para apoyar la gestión de esta especie, ya que puede modificarse incluyendo otras variables que se pueda considerar importante en su distribución, lo que permitiría realizar análisis más complejos aplicados a estudios fitosanitarios (Navarro y Calzado, 2004), fitoclimáticos (Gonzalo *et al.*, 2004; Fernández Cancio *et al.*, 2006), y de impacto del cambio climático (Fernández Cancio *et al.*, 2003), para lo cual sería necesario introducir en el modelo variables fitoclimáticas que permitan evaluar el impacto de los escenarios de cambio climático global.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Servicio de Ordenación de los Recursos Forestales de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a través del Convenio *Seguimiento de los daños de seca sobre masas de Quercus en Andalucía. Propuesta de soluciones* y del Programa de recuperación del pinsapo. También tenemos que agradecer su inestimable ayuda a José Luis Sánchez Vallejo, así como a los agentes forestales Andrés Madrid, Fernando Ríos, Manuel Barrionuevo (Sierra de las Nieves), José Luis Ojeda (Los Reales), y Ángel Cabeza, Gregorio Pacheco, Francisco Román, José Román, Francisco Gil y Francisco Jarillo (Sierra de Grazalema).

Bibliografía

- AFA, 1994. Gestión y conservación de los pinsapares andaluces. Monografías Forestales Andaluzas. Asociación Forestal de Andalucía, Cádiz. 102 pp.
- ARISTA M., HERRERA F.J., TALAVERA S., 1997. Biología del pinsapo. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla. 162 pp.
- ASENSI A., RIVAS MARTÍNEZ S., 1976. Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda. *Anales Inst Bot Cavanilles* 32, 1245-1289.
- ASENSI A., DÍAZ B., 1987. Andalucía occidental. En *La vegetación de España*. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. 197-230 pp.
- AUGUSTIN N.H., CUMMINS R.P., FRENCH D.D., 2001. Exploring vegetation dynamics using logistic regression and multinomial logit model. *Journal of Applied Ecology* 38(5), 991-1003.
- AUSSENAC G., 2002. Ecology and ecophysiology of circun-Mediterranean firs in the context of climate change. *Ann For Scie* 59, 823-832.
- BENITO GARZÓN M., MALDONADO RUIZ J., SÁNCHEZ DE DIOS R., SAINZ OLLERO H., 2003. Predicción de la potencialidad de los bosques esclerófilos españoles mediante redes neuronales artificiales. *Graelsia* 59(2-3), 345-358.
- BOSSIER C.E., 1839. Viaje botánico al sur de España durante el año 1837. Fundación Caja de Granada, Universidad de Málaga, Granada, 1995.
- BONITORTA., 1974. Los pinsapos de la Serranía de Ronda. Caja de Ahorros de Ronda, Málaga. 65 pp.
- CASTROVIEJO S. (ed), 1986. Flora Ibérica. Vol. I. Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid.
- CEBALLOS L., MARTÍN BOLAÑOS M., 1928. El pinsapo y el abeto de Marruecos. Servicio Forestal de Investigaciones y Experiencias 2, 47-101.
- CEBALLOS L., MARTÍN BOLAÑOS M., 1930. Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cádiz. *Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid, Edición Fascimil, Consejería de Medio Ambiente, AFA, Sociedad Malagueña de Ciencias*. 353 pp.
- CEBALLOS L., VICIOSO C., 1933. Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Málaga. *Bol. Inst Forest Invest Exp Madrid, Edición Fascimil, Sociedad Malagueña de Ciencias*. 285 pp.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España peninsular. ETSIM, Madrid. pp. 512.
- COSTA TENORIO M., MORLA C., SAINZ OLLERO H. (eds), 1997. Los bosques ibéricos: una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. 572 pp.
- CUATRECASAS J., 1930. Una visita al pinsapar de la Sierra de las Nieves. *Butlletí del Institut Catalana de Història Natural*.
- FELICÍSIMO A.M., 2003. Uses of spatial predictive models in forested areas territorial planning. CIOT 2003, IV International Conference on Spatial Planning, Zaragoza. 15 pp.
- FERNÁNDEZ CANCIO A., NAVARRO CERRILLO R. M., FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ R., GIL HERNÁNDEZ P., MANRIQUE MENÉNDEZ E., CALZADO MARTÍNEZ C., 2003. Fitoclimatología de *Abies pinsapo* Boiss. Informe Consejería de Medio Ambiente. No publicado.
- FERNÁNDEZ CANCIO A., NAVARRO CERRILLO R.M., FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ R., GIL HERNÁNDEZ P., MANRIQUE MENÉNDEZ E., CALZADO MARTÍNEZ C. 2006. Climate classification of *Abies pinsapo* Boiss. forests in Southern Spain. *Journal of Plant Conservation* (en evaluación).
- FONT QUER P., 1954. La vegetación. En: Terán M. (ed.). Geografía de España y Portugal. Tomo II. Montaner y Simón. Barcelona. pp. 145-271.
- FRIEDMAN J.H., 1991. Multivariate adaptive regression splines. *Annals of Statistics* 19, 1-141.
- GONZALO J., GARCÍA J.M., ALLUÉ C., 2004. Potencialidades y adecuaciones fitoclimáticas de *Abies pinsapo* Boiss. en España. *Montes* 77, 24-32.

- GUISAN A., ZIMMERMANN N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147-186.
- HORN B.K., 1981. Hill-shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE* 69, 14-47.
- LAGUNA M., 1868. El pinsapar de Ronda. *Revista Forestal*, Tomo I.
- LAGUNA M., 1883. *Flora Forestal Española*. Madrid. Edición Facsímil, Xunta de Galicia, 1993.
- LAZA PALACIOS M., 1935. Algunas observaciones geobotánicas en la Serranía de Ronda. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, Tomo XXXVI.
- LUND H.G., IREMONGER S., 2000. Omissions, commissions, and decisions: the need for integrated resources assessments. *Forest Ecology and Management* 128, 3-10.
- MARTÍNEZ PARRAS J.M., PEINADO J.M., 1987. *La vegetación de España*. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.
- MUÑOZ J., FELICÍSIMO A.M., 2004. A comparison between some statistical methods commonly used in predictive modeling. *Journal of Vegetation Science* 15(2), 285-292.
- NAVARRO CERRILLO R.M., CALZADO MARTÍNEZ C., 2004. Establecimiento de una Red de Equilibrios Biológicos en ecosistemas con presencia de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía. *Pirineos* 158-159, 107-125.
- PETERSON A.T., COHOON K.P., 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness. *Ecological Modelling* 117, 159-164.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA, Serie Técnica, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 268 pp.
- ROBERTSON M.P., CAITHNESS N., VILLET M.H., 2001. A PCA-based modelling techniques for predicting environmental suitability for organism from presence records. *Diversity and Distributions* 7, 15-27.
- ROJAS CLEMENTE S., 1809. *Viaje a Andalucía*. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809). Transcripción de Antonio Gil Albarraçín. GBG. Editora. Barcelona.
- RUIZ DE LA TORRE J. (coord), 1990. Mapa forestal de España. Hojas de Algeciras (4-12) y Morón de la Frontera (4-11). ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. *Flora mayor*. Ministerio de Medio Ambiente.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., RUBIO A., BLANCO A., 2004. definición y cartografía de las áreas potenciales fisiográfico-climáticas de hayedo en España. *Invest Agrar: Sist Recur For*, Fuera de Serie, 13-62.
- SOTO D., 1997. Marcador filogenético del genero *Abies*. *Ensayos parciales. Ecología* 11, 255-276.
- VALLE F. (coord), 2003. *Mapa de Series de Vegetación de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Ed. Rueda, Sevilla. 131 pp.
- VAYSSIÈRES M.P., PLANT R.E., ALLEN-DÍAZ B.H., 2000. Classification trees: An alternative non-parametric approach for predicting species distributions. *Journal of Vegetation Science* 11, 679-694.
- WILLKOMM M., 1873. *Las Sierras de Granada*. Edición Caja General de Ahorros de Granada, 1993, Granada.