



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-024

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Efectos del cambio de uso sobre la estructura y dinámica del ecotono basal del pinsapar de grazalema

ABELLANAS OAR, B.<sup>1</sup>, CUADROS TAVIRA, S.<sup>1</sup>, HINOJO ANTILLE, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba

### Resumen

La zona basal del pinsapar de Grazalema constituye un ecotono donde el pinsapo se mezcla con encinas y quejigos. Este trabajo analiza las consecuencias del abandono de los aprovechamientos en términos de la estructura, composición y dinámica actual de la masa. Se han estudiado 4 parcelas de 2.100 m<sup>2</sup> en cada uno de los estratos existentes: quejigar con pinsapos y encinar con pinsapos. Se realizaron dos inventarios en 1998 y 2013. Se han detectado estructuras y dinámicas muy diferentes en ambos estratos. El encinar es un monte bajo, cuyo abandono ha conducido a una situación de estancamiento con escasa variación tanto en la estructura como en la composición, con muy reducido crecimiento de los pies. Por el contrario se observa una activa dinámica en el estrato de quejigar. En este, el abandono de los aprovechamientos, especialmente de la ganadería, ha conducido a una elevada matorralización de las zonas no cubiertas por el arbolado y a la reactivación de la regeneración arbórea, predominando el pinsapo. La sombra de los quejigos ha favorecido la incorporación de pinsapos al disminuir la competencia del matorral heliófilo, encontrándose un alto grado de asociación entre los quejigos viejos y los jóvenes pinsapos. El pinsapo ha aumentado significativamente su presencia en esta zona basal.

### Palabras clave

*Abies pinsapo* Boiss. dinámica forestal, composición, cambio de uso, conservación

### 1. Introducción

Las masas arbóreas de pinsapo (*Abies Pinsapo* Boiss.) constituyen una de las formaciones vegetales más singulares y exclusivas de la península ibérica. Su carácter relictico tiene un origen muy antiguo, habiéndose aislado del ancestro común con *Abies alba* ya al inicio del cuaternario (ALBA-SÁNCHEZ *et al.* 2010, LINARES *et al.* 2011). Sin embargo, las peculiares y delimitadas condiciones climáticas de las Sierras Andaluzas y del Rif Marroquí propiciaron que en la actualidad un vestigio de estos abetos meridionales formen reducidas formaciones boscosas.

La distribución geográfica de los pinsapares de la península se encuentra limitada a tres núcleos de las Sierras Subbéticas: Sierra de las Nieves, sierra Bermeja y Sierra del Pinar de Grazalema, con una extensión total de 3750 ha, de las cuales menos del 50% (1758 ha) constituyen actualmente bosques densos (MAGRAMA, 2015). El emplazamiento de la especie en estas sierras coincide con áreas de extraordinaria pluviometría de origen básicamente orográfico. Las consecuencias del cambio climático con un esperado aumento de las temperaturas y, en consecuencia, de la demanda evaporativa de la atmósfera y, posiblemente, una reducción de las precipitaciones podrían aumentar aún más el riesgo de extinción de esta especie amenazada y relictica (LINARES *et al.*, 2009). La conservación de estos ecosistemas únicos requiere un adecuado conocimiento de su dinámica natural, altamente influenciada por el manejo sufrido en el pasado y las posteriores acciones dirigidas a su conservación (LINARES & CARREIRA 2009, ABELLANAS *et al.* 2005, 2013, 2016.). Las previsiones derivadas de muchos escenarios simulados de cambio climático

auguran una posible reducción del área de la especie. No obstante, en la dinámica actual aún es muy patente la huella dejada por los intensos aprovechamientos llevados a cabo en el pasado en estas zonas de sierra (ABELLANAS *et al.* 2013, 2016). La dinámica del pinsapar se encuentra, pues, sometida a cambios de diversa naturaleza que hacen compleja su interpretación (LINARES & CARREIRA, 2009, LINARES *et al.* 2009). Especialmente relevante resultará en este sentido la evolución que se detecte en las zonas más basales de su área de distribución, donde el riesgo de extinción por efecto del cambio climático será, sin duda, más elevado. La consideración de todos los factores implicados en la dinámica actual de esta zona basal ecotónica permitirá predecir mejor los riesgos del futuro

## 2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es indagar sobre la estructura y dinámica actual de la masa mixta de pinsapos, encinas y quejigos que constituye la orla ecotónica inferior del pinsapar de Grazalema, con el fin de informar los modelos predictivos de futuro conducentes a la conservación del ecosistema pinsapar. De especial interés resulta el análisis de la composición específica y su evolución en el período estudiado: 1998-2013.

Como objetivos específicos se plantean:

- Caracterizar la estructura y composición poblacional de la masa adulta de la zona de estudio y su evolución en los últimos años.
- Analizar su dinámica en términos de crecimientos, mortalidad e incorporaciones.
- Analizar la estructura y composición espacial de la masa así como su evolución en el tiempo y en el espacio.

## 3. Metodología

### Area de estudio

El estudio se ha llevado a cabo en el pinsapar de Grazalema (Cádiz), un bosque dominado por la especie *Abies pinsapo* Boiss. que ocupa la ladera norte de la *Sierra del Pinar* ocupando una superficie aproximada de 460 ha al sur de la península Ibérica (36° 46' N; 5° 23' W).

Se ha empleado parte de un dispositivo experimental establecido en el año 1997 constituido por un total de 16 parcelas de 2.100 m<sup>2</sup> ubicadas en cada uno de los cuatro estratos de vegetación identificados (4 parcelas por estrato) (Figura 1) (COCA *et al.*, 2001; CUADROS *et al.*, 2003; ABELLANAS *et al.*, 2005; CUADROS *et al.*, 2005, ABELLANAS Y CUADROS 2012, ABELLANAS *et al.*, 2016). Las parcelas de este dispositivo se han monitorizado desde su establecimiento con el fin de estudiar la evolución de la masa de pinsapo. Existen mapas de árboles de todas las parcelas, que se modifican en cada inventario en correspondencia con las altas y bajas habidas en el período entre inventarios.

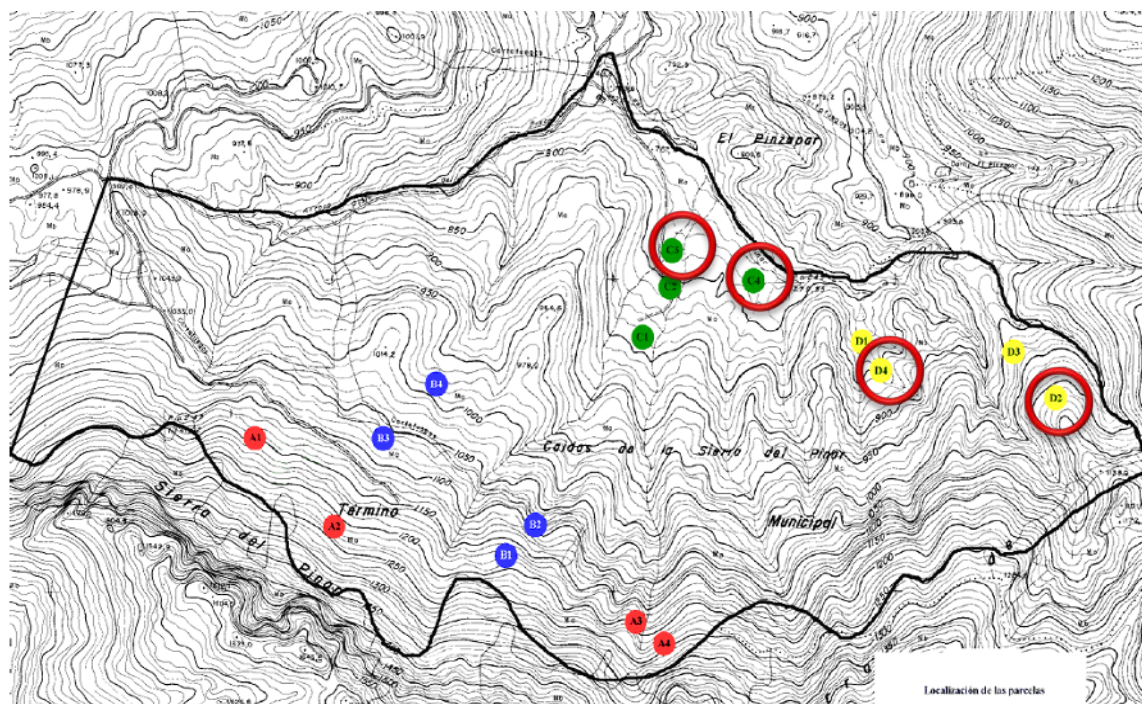


Figura1. Área de estudio en el Pinar de Graza (Cádiz). Los puntos de color representan la ubicación de las parcelas del dispositivo experimental establecido en 1997. Las marcas con círculos rojos son las empleadas en este trabajo.

### Dispositivo experimental y toma de datos

Para este trabajo se han utilizado 4 parcelas del dispositivo experimental pertenecientes a dos de los estratos de vegetación que componen la orla basal del pinsapar: el encinar con pinsapos (parcelas D2 y D4) y el quejigar con pinsapos (parcelas C3 y C4) (Figura 1).

Se trata de parcelas rectangulares o cuadradas de 2100 m<sup>2</sup> en proyección horizontal, uno de cuyos cuadrantes se encuentra mallado desde el origen del dispositivo con el fin de evaluar el efecto de la exclusión de los grandes herbívoros en la dinámica del sistema.

Durante los meses de julio y agosto de 2013 se realizó un inventario exhaustivo del estrato arbóreo (pies mayores. Diámetro mínimo inventariable de 5 cm) incluyendo la actualización de los mapas de árboles previamente existentes, para lo que se utilizó el dispositivo Field Map (IFER).

Los datos obtenidos y registrados en el inventario de pies mayores fueron: número de identificación del árbol, coordenadas, especie, diámetro normal, altura total, altura de fuste, estado (vivo o muerto) y radios de proyección horizontal de la copa.

Se constituyeron bases de datos conjuntas con los datos del inventario realizado en 2013 y el previamente existente de 1998. Con estos datos se calcularon las variables dasométricas básicas para ambas fechas en cada una de las parcelas, tanto para el conjunto de la masa como por especies. Las variables obtenidas fueron: densidad (nº árboles/ha), área basimétrica (m<sup>2</sup>/ha), distribución diamétrica de los pies mayores, diámetro medio (cm), altura media (m), superficie media de proyección de copa(m<sup>2</sup>), diámetro dominante(cm), altura dominante(m) y variables de caracterización de la forma media de los árboles como el índice de esbeltez medio o la esbeltez de los árboles dominantes.

## Análisis de datos

El estudio de la evolución de la estructura y composición poblacional de la masa se ha realizado mediante la comparación de las variables dasométricas y de composición en 1998 y en 2013.

El registro individualizado de los datos ha permitido conocer de forma directa la mortalidad y las incorporaciones habidas en el período, así como el análisis de los procesos de crecimiento.

Se ha estudiado la relación entre la mortalidad y el tamaño de los árboles mediante la comparación de los tamaños medios de los árboles que permanecen vivos en 2013 y los muertos en el período. Se ha empleado el test t de comparación de medias para este análisis. Se trata con este análisis de indagar sobre la naturaleza de la mortalidad dominante en el sistema. El predominio de mortalidad regular (por competencia) conducirá a una mayor mortalidad en las clases diamétricas inferiores. La mortalidad por decrepitud u otros factores no ligados al decaimiento prolongado del árbol no permitiría detectar diferencias de tamaño entre los árboles vivos y muertos.

El análisis de la estructura y composición espacial y su evolución en el tiempo se ha abordado a través del cálculo de índices de diversidad estructural de vecindad (NNI: *Nearest Neighbours Indices*): índice de Clark y Evans para estimar la disposición espacial de los árboles y su tendencia a la agrupación o dispersión y el índice de mezcla (Füldner 1995, Aguirre 2003, en POMMERENING, 2012) para vecindades de 4 árboles para indagar sobre el nivel de agregación de las especies presentes.

Para el cálculo de los diversos índices se ha usado el programa CRANCOD v 1.4 (POMMERENING, 2012) así como adaptaciones de algunos *scripts* aportados por el mismo autor para el programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011). Los gráficos y los análisis estadísticos se han realizado con el programa R.

## 4. Resultados

### Encinar con pinsapos

En la tabla 1 se presentan las características dasométricas globales (densidad y espesura) de las parcelas estudiadas para el estrato de encinar con pinsapos (parcelas D) . En la figura 2 se presenta el mapa de árboles de dichas parcelas en los mismos años.

Tabla 1. Dasometría total y por especies para los años 1998 y 2013 en las parcelas de encinar con pinsapos (D2 y D4)

Encinar con Pinsapos		Parcela D2		Parcela D4	
		1998	2013	1998	2013
Densidad (pies/ha)	Encina	1731,4	1852,3	1213,2	1256,4
	Quejigo	12,9	12,9	51,8	56,1
	Pinsapo	90,6	82,0	38,8	51,8
	TOTAL	1839,4	1947,3	1303,9	1364,3
Área basimétrica (m <sup>2</sup> /ha)	Encina	19,7	25,9	8,7	18,5
	Quejigo	0,05	0,1	10,4	16,2
	Pinsapo	8,5	10,0	0,3	2,6
	TOTAL	28,25	36,0	19,4	37,2

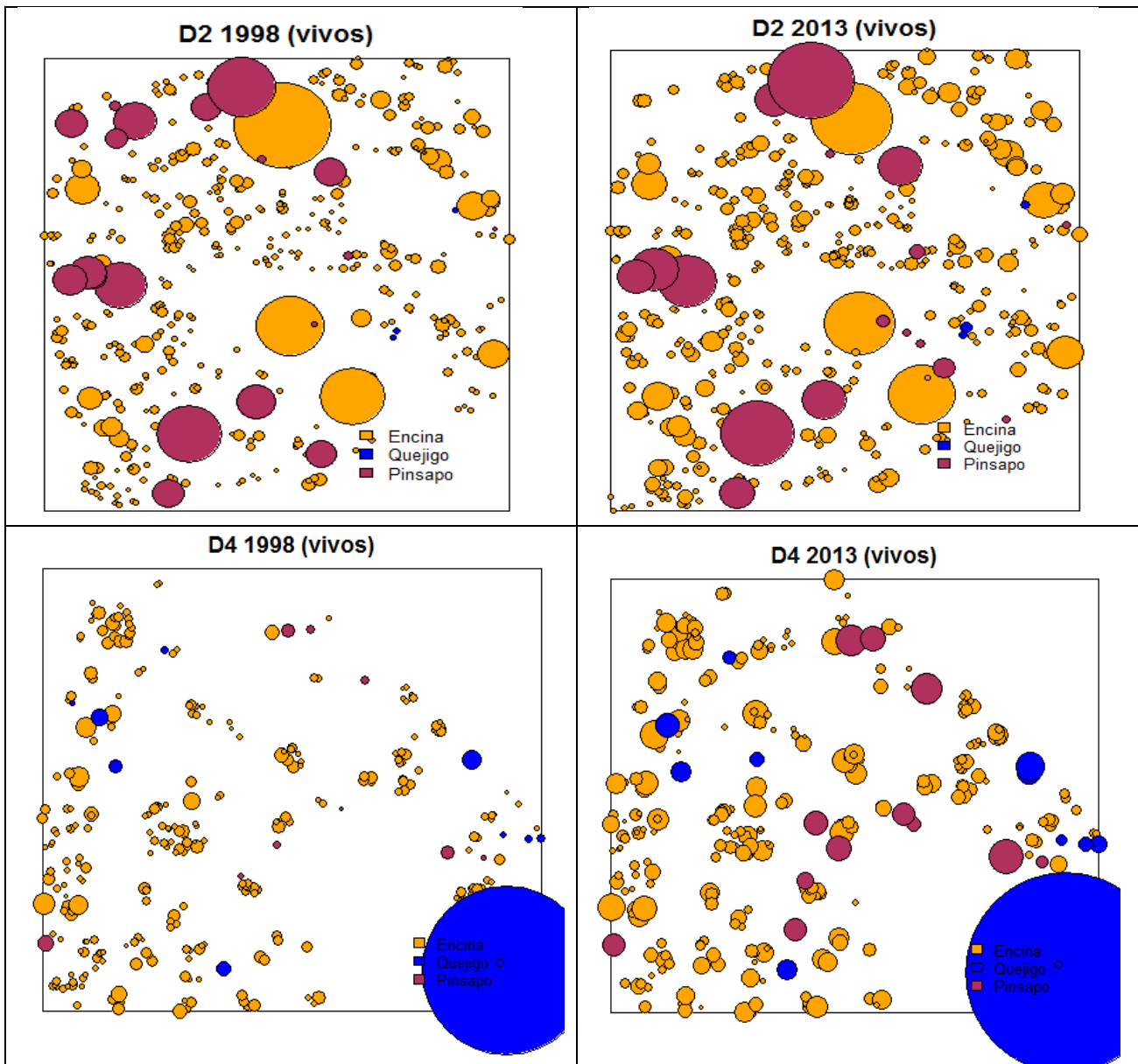


Figura 2. Mapas de las parcelas de encinar con pinsapos en 1998 y 2013. Los colores representan las especies. El tamaño de los círculos es proporcional al diámetro normal del árbol. La escala es diferente para cada parcela.

Se observa un aumento de la espesura, mucho más marcado en la parcela D4, que aumenta casi en un 100% el área basimétrica, que en la parcela D2. Siendo los valores iniciales en 1998 muy diferentes, prácticamente se igualan en 2013, lo que parece indicar que se está alcanzando la espesura máxima en este estrato de encinar en monte bajo. Por especies, la encina es claramente dominante en ambas parcelas en número de pies. En la parcela D2, la densidad de otras especies disminuye o se mantiene estable en el período, mientras en la parcela D4 se observa un pequeño aumento de la densidad de pinsapos y muy poca de quejigos. El reparto del área basimétrica en la parcela D2 se mantiene al final del período con poca participación de las especies distintas a la encina. En la parcela D4, la presencia de un quejigo muy grande distorsiona las proporciones en este sentido.

En la Tabla 2 se presentan los valores dendrométricos medios para las parcelas de encinar con pinsapos. Se observa que el tamaño medio de los pinsapos supera en la mayoría de los casos al de las demás especies presentes. No obstante, se aprecian claras diferencias en los tamaños iniciales de esta especie entre las dos parcelas, siendo inicialmente mayores en la parcela D2 que en la D4. Sin embargo, la menor espesura inicial de la parcela D4 y, posiblemente la mayor juventud de los pinsapos en ésta, ha conducido a un crecimiento mucho mayor de los pinsapos en esta parcela que en la anterior. La altura media de las encinas ha disminuido o se ha mantenido igual en los últimos 15 años, esto es una muestra más del estancamiento del monte bajo de esta especie. Los escasos quejigos parecen proliferar adecuadamente ya que todos los valores han aumentado desde 1998.

Tabla 2. Valores dendrométricos medios por especies. Años 1998 y 2013. Parcelas de encinar con pinsapos

Encinar con Pinsapos		D2		D4	
		1998	2013	1998	2013
Dg (cm)	Encina	12,0	13,3	9,6	13,7
	Quejigo	7,0	10,6	13,8	21,9
	Pinsapo	34,6	39,5	10,4	25,6
Hm (m)	Encina	5,7	5,1	6,1	6,1
	Quejigo	3,4	5,2	6,0	8,9
	Pinsapo	9,0	10,3	5,3	11,3

El análisis de la mortalidad en las parcelas del estrato de encinar con pinsapo ha puesto de manifiesto que la mortalidad habida se concentra principalmente en la encina, con valores que superan los 200 pies/ha en ambas parcelas. El test de medias ha permitido constatar que los pies muertos en el período presentaban en 1998 un diámetro significativamente menor a la media ( $p=0,0155$  en la parcela D2 y  $p=0,0001$  en D4), lo que indica muerte por dominación. El aumento de densidad de la encina que se observa en la Tabla 1 se debe, en gran medida, a la superación del diámetro mínimo inventariable durante el período de un gran número de chirpiales, más que a la incorporación efectiva de nuevos pies.

Respecto a la estructura espacial de la masa y su evolución en el tiempo, los resultados de los índices de diversidad estructural se presentan en la Tabla 3. En ella se observa que, tal y como corresponde al predominio de monte bajo de encina, los valores del Índice de Clark y Evans presentan valores significativamente inferiores a la unidad, lo que indica una clara agrupación de los pies, observándose incluso una ligera disminución del valor del índice en el período estudiado en ambos casos.

Los valores del índice de mezcla son muy bajos, por debajo de 0,1 en casi todos los casos, y con muy ligera variación durante el período. Esto se explica por la clara dominancia de la encina en número de individuos respecto a las otras dos especies. En los gráficos de la Tabla 3 se representan los histogramas de los valores de este índice para ilustrar el hecho. La agrupación se concentra en la encina, no apreciándose en las otras dos especies presentes, que presentan valores del índice próximos a la unidad.

Tabla 3. Índices de diversidad estructural los años 1998 y 2013 en las parcelas de encinar con pinsapos. Las figuras representan los histogramas del índice por especies para la parcela D2. La parcela D4 presenta un histograma similar

Índice de Clark-Evans	1998		2013	
	R	P value	R	P value
D2	0,688	0,002	0,7283	0,002
D4	0,4849	0,002	0,5486	0,002
Í. mezcla	1998		2013	
D2	0,0792		0,0653	
D4	0,0974		0,109	

Distribución Índice de Mezcla por especies D2 (1998)

Distribución Índice de mezcla por especies D2 (2013)

### Quejigar con pinsapos

En la tabla 4 se presentan las características dasométricas globales (densidad y espesura) de las parcelas estudiadas para el estrato de quejigar con pinsapos (parcelas C) . En la figura 3 se presenta el mapa de árboles de dichas parcelas en los mismos años.

Tabla 4. Dasometría total y por especies para los años 1998 y 2013 en las parcelas de encinar con pinsapos (C3 y C4)

Quejigar con Pinsapos		Parcela C3		Parcela C4	
		1998	2013	1998	2013
Densidad (pies/ha)	Encina	65,1	168,4	8,6	25,9
	Quejigo	38,4	77,7	51,8	64,8
	Pinsapo	21,7	354,1	8,6	30,2
	TOTAL	125,2	600,1	69,0	120,8
Área basimétrica (m <sup>2</sup> /ha)	Encina	2,4	3,0	0,02	0,16
	Quejigo	27,6	29,5	37,2	41,8
	Pinsapo	0,1	2,5	0,7	1,1
	TOTAL	30,1	35,0	37,9	43,1



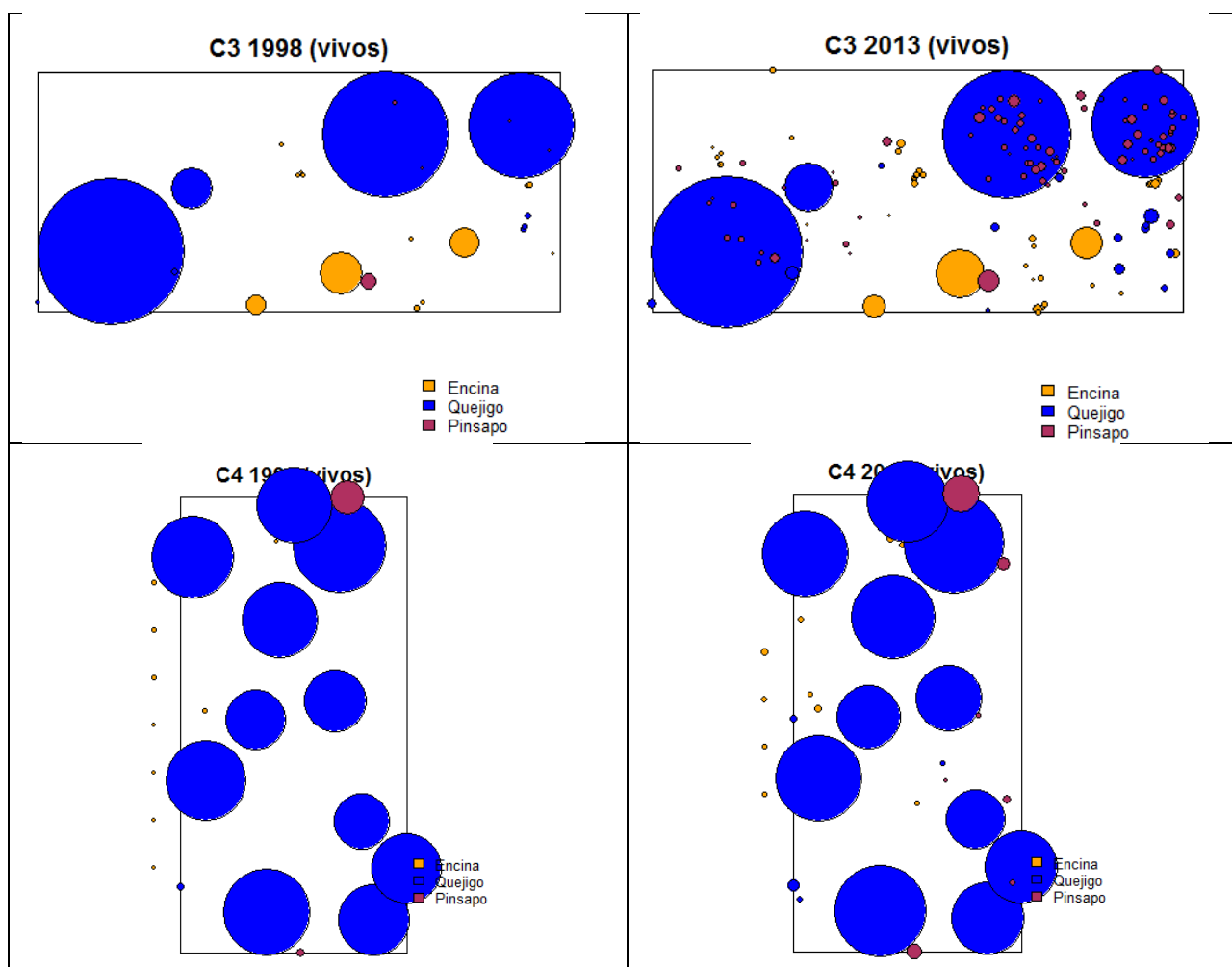


Figura 4. Mapas de las parcelas de encinar con pinsapos en 1998 y 2013. Los colores representan las especies. El tamaño de los círculos es proporcional al diámetro normal del árbol. La escala es diferente para cada parcela.

Como se observa en los datos presentados, este estrato está claramente dominado por pies grandes de quejigo, lo que queda claramente reflejado en el reparto del área basimétrica entre especies. No obstante, se constata una dinámica reciente en esta zona de colonización masiva de pinsapos, especialmente notable en la parcela C3 y encinas. Los elevados valores del área basimétrica en esta zona son debidos al gran tamaño de los quejigos (Tabla 5), lo que hace que la espesura se encuentre espacialmente concentrada, existiendo espacio vegetativo disponible para nuevos individuos. Este proceso de colonización por las diversas especies existentes se presenta más ralentizado en la parcela C4, posiblemente debido a la mayor espesura inicial de quejigos en la misma.

Esta dinámica de reclutamiento se constata también en la reducción generalizada que se aprecia en los tamaños medios de los árboles (Tabla 5). En esta tabla se observa el elevado tamaño de los quejigos, especialmente en diámetro. La altura media de los quejigos aún supera a la de las otras especies, pero es de esperar que la nueva cohorte de pinsapos supere a los quejigos en poco tiempo. Las encinas, por el contrario, se encuentran claramente dominadas por las otras dos especies.

Tabla 5. Valores dendrométricos medios por especies. Años 1998 y 2013. Parcelas de quejigar con pinsapos

Quejigar con Pinsapos		C3		C4	
		1998	2013	1998	2013
Diámetro Medio Cuadrático (cm)	Encina	19,3	15,09	6,5	8,9
	Quejigo	95,9	69,5	95,6	90,7
	Pinsapo	10,6	9,4	33,0	22,2
Altura media (m)	Encina	4,4	4,3	4,9	4,9
	Quejigo	7,2	6,5	13,9	11,7
	Pinsapo	4,9	5,2	10,1	7,4

No se ha producido mortalidad en ninguna de las dos parcelas durante los quince años del período estudiado, en ninguna de las especies. Esto permite constatar la idea de que la reducción de las dimensiones medias de los árboles son debidas a la incorporación de nuevos individuos jóvenes de menor tamaño.

Los resultados de los índices de diversidad estructural se presentan en la Tabla 4. El índice de Clark y Evans muestra valores mayores que los encontrados en el estrato del encinar, lo que indica una menor agrupación de los pies. No obstante, la parcela C3 presenta aún una distribución significativamente agrupada de los pies, cosa que no ocurre en la parcela C4. Esta distribución es debida esencialmente al estrato joven de encinas y pinsapos que tiene un mayor peso inicial en la parcela C3 que en la C4, lo que se deduce también de la mayor densidad y menor espesura en el año 1998 en la parcela C3 respecto a la C4. Es conocida la tendencia a la agrupación que suelen presentar las jóvenes cohortes en sus primeras etapas.

Tabla 4. Índices de diversidad estructural los años 1998 y 2013 en las parcelas de quejigar con pinsapos.

Í. Clark-Evans	1998		2013	
	R	P value	R	P value
C3	0,751	0,016	0,8172	0,002
C4	1,3527	0,014	1,1051	0,33
Í. mezcla	1998		2013	
C3	0,474		0,297	
C4	0,469		0,625	

Los índices de mezcla son superiores a los encontrados en el encinar. La variación del índice sufre evoluciones contrapuestas en ambas parcelas. Partiendo en 1998 de valores intermedios (cerca de 0,5 en ambos casos), derivan al cabo de 15 años a un valor menor en C3 y mayor en C4. En principio resultaría más fácil explicar el aumento del índice de mezcla encontrado en C4 debido a que las nuevas cohortes de encinas y pinsapos tienden a aparecer en las proximidades de los quejigos existentes, como se puede ver en los mapas. Sin embargo, en la parcela C3, aunque este fenómeno es sin duda similar, ocurre que la enorme invasión de pinsapos jóvenes en grupos monoespecíficos ha hecho bajar el índice de mezcla aún cuando dichos grupos de regenerado se

encuentren claramente en las vecindades de los quejigos. Esto se puede apreciar bien en la Figura 5, donde se representan los histogramas de los índices de mezcla por especies para ambas parcelas y los dos años de estudio. En ellos se observa que la disminución del índice en la parcela C3 se debe claramente a la disminución sufrida por el pinsapo, que al establecerse en grupos reduce su grado de mezcla con las otras especies. Por el contrario, en la parcela C4, la escasa presencia de individuos de especies distintas al quejigo hace que, aún siendo máximo el valor del índice para éstas, su peso en el índice global sea escaso. El aumento de la representación de estas especies conduce a un aumento del índice en el año 2013, al no ser el reclutamiento tan abundante en pinsapo.

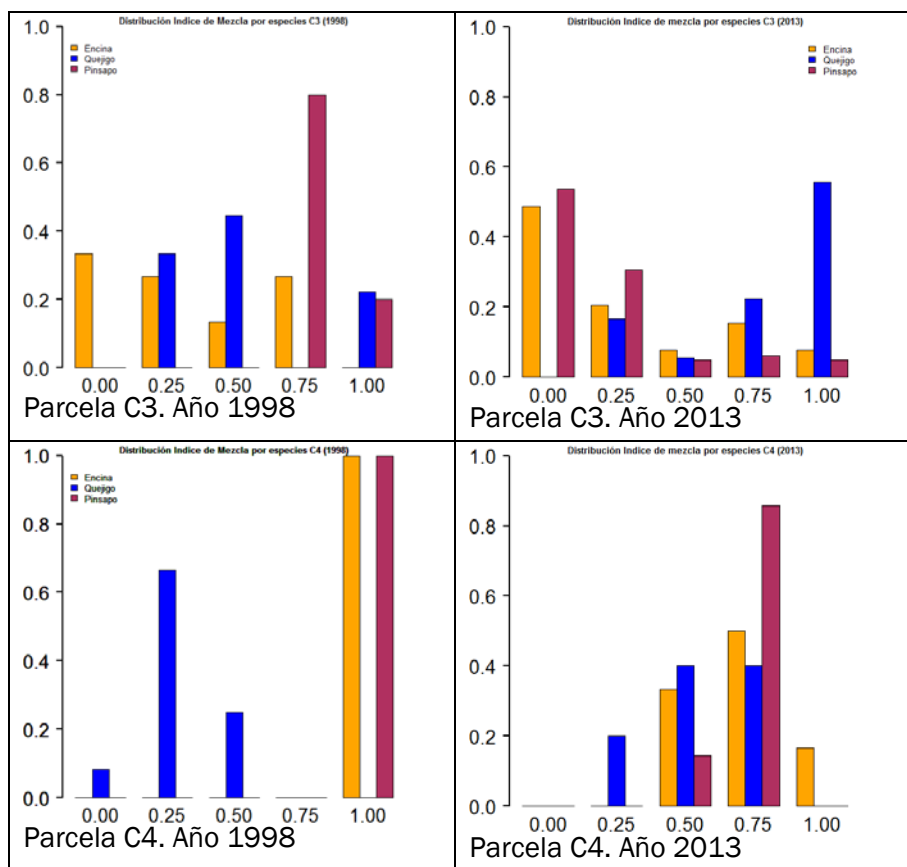


Figura 5. Histogramas del índice de mezcla por especies los años 1998 y 2013 en las parcelas de quejigar con pinsapos

## 5. Discusión

La esperable pérdida de vigor del pinsapo en el ecotono basal de la Sierra del Pinar de Grazalema derivada de los efectos del cambio climático no parece manifestarse aún en las últimas décadas.

En esta zona parece pesar más, de momento, el cambio de uso que ha sufrido el monte, gracias a las medidas de protección puestas en marcha en los años 70 del siglo pasado.

La vegetación de estas zonas basales fue en gran medida modelada por los usos que se les asignaron en el pasado, fundamentalmente ganaderos y de aprovechamiento de leñas y carbón. Estos usos, de injerencia más frecuente en el monte que el aprovechamiento de madera del pinsapar puro, transformó en mayor medida la estructura y composición del ecosistema en las zonas bajas.

La zona de ecotono con encinar quedó claramente constituida en un monte bajo, con probable aprovechamiento de leñas y carbón, que conformó la estructura que aún hoy presenta la masa. En este caso, el abandono del uso sin una conversión paralela de la estructura del monte ha conducido a

un incipiente estancamiento de la masa que se refleja en la escasez de incorporaciones de otras especies y en la paralización de los crecimientos.

Por el contrario, el ecotono de las zonas más húmedas, donde el pinsapo se mezcla con el quejigo, convertido antiguamente en un monte más abierto y con uso preferentemente pastoral, no ha impedido una rápida colonización de las otras especies presentes en el medio una vez eliminado el uso anterior. La fase de matorralización de los claros que siguió al abandono de los pastos ha provocado una singular dinámica de la regeneración del arbolado, que encuentra más facilidad de incorporarse a la masa a la sombra de los quejigos adultos, que ejercen menor competencia inicial que el matorral espinoso que los circunda. Esto explica que los nuevos colonizadores, incluso los de distinta especie, aparezcan agrupados entorno a los grandes quejigos presentes.

## 5. Conclusiones

Se ha observado una dinámica muy diferenciada en las dos zonas basales de la Sierra del Pinar de Grazalema que constituyen el ecotono del pinsapar, donde la pérdida de predominio que la especie experimenta con la disminución de altitud conduce a mezclas con especies del género *Quercus*: encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) en las zonas más abruptas y quejigo (*Quercus faginea*) en las zonas de vaguada y piedemonte más húmedas.

En el encinar con pinsapos se ha constatado una dinámica ralentizada de escasa evolución debido a la estructura de monte bajo denso que se deriva de antiguos aprovechamientos de leñas. La estructura homogénea e indiferenciada de los chirpiales en espesura no ha mostrado apenas cambios durante el período de 15 años estudiado. La mortalidad por competencia que se produce no es suficiente para reducir el alto grado de estancamiento que sufre la masa, habiéndose alcanzado espesuras muy elevadas.

En el quejigar con pinsapos se ha constatado una dinámica muy activa de recuperación del bosque mixto propio de esta zona basal. Los pinsapos, y en menor medida las encinas, han mostrado una rápida colonización de la zona a la sombra de los quejigos adultos. También se ha reactivado la regeneración del quejigo. En esta zona, la colonización previa del matorral en los claros ha condicionado la estructura inicial de las nuevas incorporaciones.

La resiliencia que puede mostrar esta zona regenerada de bosque mixto rejuvenecido frente a los posibles efectos del cambio climático será sin duda mayor que la que puede presentar el monte bajo de encina con síntomas de estancamiento, que podría verse avocado a un proceso de decaimiento generalizado ante un posible aumento de la sequía fisiológica que cabe esperar por el cambio climático.

## 6. Bibliografía

ABELLANAS B., ABELLANAS M., POMMERENING, A., LODARES, D., CUADROS, S. 2016. A forest simulation approach using weighted Voronoi diagrams. An application to Mediterranean fir *Abies pinsapo* Boiss stands. *Forest Systems* 25(2), e062, 16 pag.

ABELLANAS B., COCA M., CUADROS S., OLIET J. 2005. Análisis de la diversidad estructural del pinsapar puro en la Sierra de Grazalema. Influencia sobre la dinámica de la regeneración. *Actas del IV Congreso Forestal Español.. Zaragoza. Ed. SECF. Pp:115*

ABELLANAS OAR, B., COCA PÉREZ, M., CUADROS TAVIRA, S., OLIET PALÁ, J., PADRÓN CEDRÉS, E. 2003. La regeneración en el pinsapar de la Sierra de Grazalema I: análisis de la fase de plántula. *Actas de la III Reunión del Grupo de Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales sobre regeneración natural. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 15(2): 21-26.

ABELLANAS OAR, B., CUADROS TAVIRA,S. 2012. Analisis espacio-temporal de la regeneración en el pinsapar de Grazalema: factores implicados. Actas de la V Reunión del Grupo de Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales sobre regeneración natural y cambio global. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 49

ABELLANAS,B.; COCA,M.; CUADROS, S.; OLIET,J. 2013. Estructura y dinámica del dosel arbóreo del Pinsapar de Grazalema En: LÓPEZ QUINTANILLA, J. (Coord.), Los pinsapares en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el s.XXI. J. López Quintanilla (Coord,) cap. 19: 325-336. Ed. Junta de Andalucía.

ABELLANAS,B.; COCA,M.; CUADROS, S.; OLIET,J. 2013. Propuesta de Manejo selvícola para el pinsapar de Grazalema, En: LÓPEZ QUINTANILLA, J. (Coord.), Los pinsapares en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el s.XXI. J. López Quintanilla (Coord,) cap. 28: 461-464. Ed. Junta de Andalucía

ALBA-SÁNCHEZ F, LÓPEZ-SÁEZ JA, BENITO-DE PANDO B, LINARES JC, NIETO-LUGILDE D, LÓPEZ-MERINO L,2010. Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution model. Diversity Distrib 16:214-218.

ARISTA M, 1995.The structure and dynamics of an *Abies pinsapo* forest in Southern Spain. Forest Ecol Manag 74:81-89.

COCA M, ABELLANAS B, CUADROS S, OLIET JA, MIGUEL. A, 2001. Caracterización estructural del pinsapar de la Sierra de Grazalema. Actas del III Congreso Forestal Español. Ed. Junta de Andalucía, TRAGSA, SECF:257-264.

CUADROS S, OLIET JA, ABELLANAS B, COCA M, PADRÓN E, 2003. La regeneración en el pinsapar de la Sierra de Grazalema. II: Estructura y dinámica del regenerado consolidado en el pinsapar puro. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 15(2): 27-32.

CUADROS S, RAMÍREZ A, ABELLANAS B, 2005. Epidimetría basada en análisis de imagen y apoyada en un sig. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 19:85-90.

LINARES JC, 2011. Biogeography and evolution of *Abies* (Pinaceae) in the Mediterranean Basin: the roles of long-term climatic change and glacial refugia. J Biogeogr 38: 619-630.

LINARES JC, CAMARERO JJ, CARREIRA JA, 2009.Interacting effects of changes in climate and forest cover on mortality and growth on the southernmost European fir forests. Global Ecol Biogeogr18: 485-497.

LINARES JC, CARREIRA JA, 2009.Temperate-like stand dynamics in relict Mediterranean-fir (*Abies pinsapo*, Boiss.) forests from southern Spain. Ann Forest Sci 66: 610:1-10.

MAGRAMA, 2015.3Inventario Forestal Nacional de España (IFN3). <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ifn3.aspx>

POMMERENING, A. 2012. CRANCOD. A program for the analysis and reconstruction of spatial forest structure. <http://www.crancod.org>

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011.R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org/>.