

# FACTORES CONDICIONANTES DE LA REGENERACIÓN DEL SABINAR DE *JUNIPERUS THURIFERA* L. EN EL CENTRO DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO.

**Pueyo, Y. & Alados, C.L.**

*Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Campus de Aula Dei. Avda./ Montañana 1005. Apdo. de Correos 202. 50080 Zaragoza (España). E-mail: [yolanda@ipe.csic.es](mailto:yolanda@ipe.csic.es)*

## Resumen

En el centro de la Depresión del Ebro, se localiza un arbolado relicto de *Juniperus thurifera* L. de gran valor ecológico. La elevada presión antrópica a la que se ha visto sometida esta región en el pasado hizo desaparecer el sabinar en la mayor parte de su área potencial. A pesar de que en la actualidad el uso antrópico ha descendido notablemente se ha observado una escasa recuperación entre 1957 y 1998. El objetivo de este estudio es investigar que factores ambientales y de uso antrópico pueden estar limitando la recuperación de *J. thurifera*. Mediante fotografías aéreas, herramientas SIG y análisis multivariante se ha cuantificado la relación entre la recuperación de *J. thurifera* y el grado de aridez, la topografía, la fragmentación del paisaje y el uso antrópico (principalmente ganadero). Los resultados muestran que la recuperación se encuentra limitada principalmente por la fragmentación del paisaje y por la aridez de la zona. El uso ganadero que se hace actualmente de la zona no ha mostrado una relación importante con la escasa recuperación del sabinar. Los resultados de este trabajo pretenden ser útiles para centrar los esfuerzos de restauración en los factores más importantes en la recuperación del sabinar.

**Palabras clave:** aridez, fragmentación, paisaje, pastoreo, sucesión, topografía

## DETERMINING FACTORS IN THE REGENERATION OF *JUNIPERUS THURIFERA* L. WOODLAND IN THE MIDDLE EBRO VALLEY

**Abstract** A relict open woodland of *Juniperus thurifera* remains in the Middle Ebro Valley, which has a great ecological value. The high human pressure in the past destroyed open woodland of *J. thurifera* in almost all its potential area. Nowadays human use has been reduced largely. However it has been observed a scarce recovery of *J. thurifera* between 1957 and 1998. Here we examined the main factors related to *J. thurifera* recovery. We used aerial photographs, GIS tools and multivariate analysis to study the relationships between *J. thurifera* recovery, water availability, fragmentation, and land use in the area. We conclude that fragmentation and aridity are the main limiting factors of *J. thurifera* recovery in the Middle Ebro Valley, while current land use plays a secondary role. The conclusions of the research are important in order to focus restoration efforts on factors impairing *J. thurifera* recovery.

**Keywords:** aridity, fragmentation, landscape, grazing, succession, topography.

## FACTEURS CONDITIONNANT DE LA REGENERATION DU *JUNIPERUS THURIFERA* L. AU CENTRE DE LA DEPRESSION DE L'EBRE

**Résumé** Au centre de la Dépression de l'Ebre se trouve un ensemble relicte d'arbres du genre *Juniperus thurifera* L. d'une grande valeur écologique. L'importante pression anthropique qui touchait au passé cette région a provoqué la disparition du peuplement de genévriers dans la plupart de son aire potentielle. Malgré que, dans l'actualité, son utilisation anthropique soit descendue visiblement, on n'a pas constaté une récupération importante entre 1957 et 1998. Le but de cette étude est de rechercher quels sont les facteurs de l'environnement et de l'utilisation anthropique qui limitent la récupération du *J. thurifera*. À l'aide des photographies aériennes, des outils SIG et des analyses multi-variante, on a chiffré la relation entre la récupération du *J. thurifera* et le degré d'aridité, la topographie, la fragmentation du paysage et l'utilisation anthropique (notamment le bétail). Les résultats montrent que la récupération est notamment limitée à cause de la fragmentation du paysage et de l'aridité de la zone. Ils n'ont pas montré que l'actuel usage pour le pâturage de la zone ait une relation importante avec la faible récupération du genévrier. Les résultats de ce travail cherchent à être utiles pour concentrer les efforts de restauration dans les facteurs les plus importants de la récupération du genévrier.

**Mots clés :** Aridité, fragmentation, paysage, pâturage, succession, topographie

## INTRODUCCIÓN

El sabinar de *Juniperus thurifera* L. constituye la vegetación potencial del centro de la Depresión del Ebro. Sin embargo, la elevada presión antrópica del pasado en esta zona hizo disminuir drásticamente la superficie ocupada por esta comunidad vegetal (BRAUN-BLANQUET & BOLÒS, 1957). Actualmente, la presión antrópica ha disminuido mucho, y los fragmentos de sabinar que permanecen se encuentran protegidos.

Las principales consecuencias del uso antrópico son la pérdida de hábitat, y la fragmentación y aislamiento de las comunidades vegetales que perduran dentro de la matriz humanizada (LI & REYNOLDS, 1994). Esto puede tener consecuencias severas en los ecosistemas, debido a la perturbación del microclima y a la reducción de la capacidad de dispersión de muchas especies vegetales (SAUNDERS *et al.*, 1991). Los estudios sobre los patrones y la dinámica de la vegetación arbolada se realizan normalmente en condiciones naturales, no influidas por el hombre, mientras que en paisajes agrícolas estos estudios son raros (PAN *et al.*, 2001). Las conclusiones de estos estudios en condiciones naturales pueden no ser aplicables a paisajes donde las zonas bien conservadas están aisladas, reducidas en tamaño y rodeadas de cultivos y vegetación poco desarrollada (PAN *et al.*, 2001). Estudios previos sobre los mecanismos de dispersión de *J. thurifera* sugieren que la recuperación del sabinar puede ser difícil y estar muy condicionada por la fragmentación (SANTOS & TELLERÍA, 1994). En condiciones de elevada fragmentación el ganado doméstico podría ser una vía de dispersión de las semillas (SANTOS *et al.*, 1999).

En las zonas áridas, los cambios en la vegetación son a menudo espacialmente muy variables debido a la redistribución en el paisaje de agua y sedimentos (SWANSON *et al.*, 1988). La pendiente, la orientación y la elevación afectan a la temperatura del aire, y a la disponibilidad de agua, factores limitantes para el desarrollo de la vegetación Mediterránea, lo cual influye en la habilidad competitiva y de dispersión y en la supervivencia de las especies y por tanto, en la composición de la comunidad vegetal (SMITH & HUSTON, 1989). Se ha comprobado que las condiciones topográficas que no favorecen una elevada disponibilidad de agua, como las orientaciones sur, presentan una dinámica vegetal más lenta, pero los estudios sobre el efecto de la topografía en la dinámica de las comunidades vegetales son todavía escasos (CARMEL & KADMON, 1999).

El objetivo de este estudio es investigar que factores ambientales y de uso antrópico pueden estar limitando la recuperación del sabinar de *J. thurifera* en el centro de la Depresión del Ebro. Se espera que la capacidad de recuperación de la vegetación esté relacionada con la con las condiciones ambientales, que limitan la capacidad de colonización y persistencia de las poblaciones, y con la fragmentación del paisaje y el uso ganadero, que pueden afectar a la capacidad de dispersión y a la persistencia de la población.

Los resultados de este trabajo pretenden ser útiles para entender la dinámica del sabinar en un paisaje semiárido, fragmentado y con gran influencia antrópica, para centrar los esfuerzos de su restauración en los factores más importantes en su dinámica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Zona de estudio

La zona de estudio, de 45,650 ha, está localizada en el centro de la Depresión Media del Ebro. El clima es Mediterráneo semiárido con marcado carácter continental. En Zaragoza, situada en el oeste de la zona de estudio a 250 m de altitud, la temperatura media anual es de 14,9°C y la precipitación anual media de 353 mm año<sup>-1</sup> (M.A.P.A., 1987). La litología es principalmente sustrato yesífero, alternado con margas, calizas y arcillas (QUIRANTES, 1978). La altitud varía entre 120 m en el río Ebro y 800 m en la Sierra de Alcubierre.

La vegetación potencial de la zona es un sabinar de *Juniperus thurifera* L., especie que aparece acompañada de *Juniperus phoenicea* L. y *Pinus halepensis* Mill., y que se encuentra localizado en la actualidad en unas pocas zonas relictas. En la mayoría de la zona de estudio, predominan los fondos de valle cultivados y las lomas donde el arbolado se ha transformado, por la tala y el uso abusivo en el pasado, en un matorral dominado por *Rosmarinus officinalis* L.

El uso de la zona se basa en agricultura de secano y ganado ovino en régimen semi-extensivo, de la raza Rasa Aragonesa. El censo ganadero se ha incrementado recientemente en la zona de estudio, de 21,629 en 1962 a 58,557 cabezas en 1999 (INE, 1962, 1999).

#### **Creación de la base de datos y análisis estadístico**

Se cartografió la superficie ocupada por el sabinar a partir de fotografías aéreas tomadas en 1957 y en 1998, con los que se pudo examinar los cambios en la superficie ocupada por el sabinar entre esos años.

Se obtuvo un mapa de pendientes y orientaciones a partir de un MDT de 20 m de resolución. Además, se obtuvo un mapa de aridez mediante interpolación espacial a partir de la información obtenida de precipitación y temperatura medias anuales de unas 30 estaciones meteorológicas situadas en la zona de estudio y su periferia. Con esta información se obtuvo un índice de aridez (DANTIN & REVENGA, 1941),  $100 \cdot T^a / \text{Precipitación}$ . A partir de la serie de mapas geológicos 1:50,000 del Instituto Geológico y Minero se digitalizó un mapa litológico con el que se registró la presencia de las principales categorías litológicas: yesos, calizas y arcillas. El efecto de la fragmentación sobre la evolución observada se incluyó en el análisis mediante el cálculo de la distancia al sabinar existente en 1957.

El uso del suelo y su evolución se incluyó en el análisis mediante tres variables, en primer lugar, la distancia a los núcleos urbanos resume el uso antropogénico centralizado en los asentamientos humanos (TURNER *et al.*, 1996). En segundo lugar, se cuantificó un índice de uso pastoral del paisaje, combinando la densidad de establos activos y puntos de agua con la accesibilidad que desde estos puntos tienen los animales a la vegetación (HOLECHEK *et al.*, 1989; PICKUP, 1994). Finalmente, la evolución observada en el manejo de los animales, que ha conducido a la intensificación en el uso de unas zonas, las más accesibles y productivas, y al abandono de otras, se ha cuantificado cartografiando las instalaciones para el ganado en estado de abandono, y creando un mapa con la distancia a estas instalaciones.

Se creó una base de datos con 2346 píxeles escogidos al azar de la zona de estudio, de los que se obtuvo, con herramientas SIG el valor de la vegetación en 1957 y 1998 (presencia o ausencia de sabinar) y de cada una de las variables independientes que se pretendía incluir en el modelo (pendiente, orientación de la ladera, aridez, distancia al sabinar existente en 1957, distancia a los núcleos de población, uso pastoral y abandono de uso pastoral; Tabla 1).

Tras evaluar la multicolinealidad entre las variables independientes, se utilizó la regresión logística para investigar la relación entre las variables ambientales y de uso antrópico obtenidas con la recuperación del sabinar. La capacidad predictiva del modelo se evaluó mediante la curva ROC (SWETS, 1988; FIELDING & BELL, 1997), calculada con una muestra de validación (20% de la muestra inicial que no se incluyó en el modelo estadístico). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS v11.0.

## **RESULTADOS**

Los cambios en la cobertura de sabinar observados entre los años 1957 y 1998 han sido escasos (Fig. 1). En 1957 existían 3406 ha ocupadas por sabinar en la zona estudiada, que representan el 7,5% de la superficie analizada. En 1998, la superficie ocupada por el sabinar era de 3471 ha, es decir, prácticamente la misma. Sin embargo, durante estos años se

ha asistido a la degradación de 389,2 ha (11,5% de la superficie ocupada en 1957 por sabinar), principalmente transformadas en cultivos, y a la recuperación de la cobertura arbórea en 454,5 ha. El análisis estadístico desarrollado a continuación se centra en evaluar qué condiciones ambientales y de uso antrópico se dan en la superficie donde se ha desarrollado sabinar en el periodo de estudio.

El modelo de predicción de la recuperación de la vegetación arbolada ha resultado significativo y ha presentado un ajuste muy satisfactorio (ROC=0,957). Este modelo ha mostrado las variables que tienen una relación significativa con la recuperación de sabinar (Tabla 2).

La distancia al sabinar existente en 1957 fue la variable con mayor peso en el modelo (mayor valor absoluto del coeficiente B; Tabla 2). Al aumentar la distancia a las zonas donde en 1957 había sabinar disminuye enormemente la probabilidad de que el bosque se recupere. Además, se observa un aumento de la probabilidad de recuperación de la vegetación arbolada conforme aumenta la pendiente, disminuye la aridez y en presencia de yesos y arcillas. Por su parte, la distancia a los establos abandonados está correlacionada positivamente con la recuperación de la vegetación arbolada (Tabla 2). La orientación de la ladera, la presencia de calizas, la distancia a los núcleos de población y el uso pastoral actual no han tenido un peso significativo en el modelo.

## DISCUSIÓN

La sucesión hacia sabinar, cuantitativamente, ha tenido poca importancia en la zona de estudio. Por ello, el primer resultado que se extrae de este estudio es la baja capacidad de recuperación del sabinar. Es una evidencia el hecho de que, en general, la vegetación de las zonas áridas y semiáridas presentan una escasa capacidad de recuperación frente a las perturbaciones (NOY-MEIR, 1973), por lo que estas tasas de permanencias elevadas en estadios sucesionales tempranos e intermedios son esperables.

El papel tan importante que la distancia al sabinar existente en 1957 ha tenido sobre la recuperación del arbolado confirma el importante papel de la fragmentación dificultando la dispersión de *Juniperus thurifera* L. (SANTOS & TELLERÍA, 1994). *J. thurifera* es una especie que presenta una baja tasa de germinación y de crecimiento y cuya regeneración depende en gran medida de la dispersión de sus semillas por parte de passeriformes. La abundancia de dichas aves está inversamente relacionada con el grado de fragmentación del bosque (SANTOS & TELLERÍA, 1994), lo que podría estar limitando la capacidad de dispersión de *J. thurifera*.

Por otro lado, a pesar de que también se ha atribuido al ganado un papel como agente dispersante de los frutos de *J. thurifera*, que sería especialmente importante en los paisajes fragmentados (SANTOS *et al.*, 1999), en este estudio no se han encontrado relaciones significativas del pastoreo con la recuperación del sabinar, por lo que podemos suponer que este efecto positivo podría verse contrarrestado por el efecto negativo que tiene el consumo y pisoteo de las plántulas. La inclusión en el modelo de la distancia a los establos abandonados nos hace pensar que el uso pasado todavía se refleja en las dinámicas actuales de la vegetación. Puede decirse que los patrones de las comunidades vegetales observados en la actualidad se deben todavía al uso que ha tenido lugar en el pasado, cuando la presión antrópica en el medio rural debía de ser mucho mayor (BRAUN-BLANQUET & BOLÓS, 1957).

Después de la distancia al sabinar existente en 1957, el factor que presentó una relación más fuerte con la recuperación de la vegetación arbolada fue la aridez, sugiriendo que la escasez de agua frena la sucesión. A pesar de que se ha observado la poca capacidad de recuperación de la vegetación de zonas áridas y semiáridas (NOY-MEIR, 1973), el

mecanismo de esta inhibición no está claro. Parece que la habilidad de las estructuras aéreas de resistir las condiciones de falta de agua, y la capacidad de rebrotar y germinar cuando las condiciones vuelven a ser favorables determinan la composición específica de las comunidades vegetales que soportan prolongadas sequías (STAMPFLI & ZEITER, 2004).

Por otro lado, en zonas con escasas precipitaciones se espera que el papel de la topografía en la recuperación de la vegetación sea importante (KADMON & HARARI-KREMER, 1999). Sin embargo, la orientación de la ladera no ha tenido ningún efecto en la sucesión secundaria, a pesar de que en otras zonas mediterráneas si se ha constatado que la orientación norte tenga un efecto acelerador sobre la sucesión (KADMON & HARARI-KREMER, 1999). La pendiente favorece la recuperación de la vegetación arbolada, lo cual se ha observado anteriormente en otras zonas mediterráneas (ALADOS *et al.*, 2004).

Este estudio sugiere que es en la fase de dispersión donde más problemas puede encontrar *J. thurifera* para recuperarse. Sin embargo, son necesarios más estudios, especialmente de dinámica poblacional, para complementar este trabajo, y comprender que fase de la regeneración (dispersión, colonización o persistencia) es la causante de la escasa recuperación observada en el sabinar del centro de la Depresión del Ebro.

## CONCLUSIONES

Se ha observado una baja capacidad de recuperación del sabinar en el centro de la Depresión del Ebro, a pesar de la ausencia de perturbaciones. El estudio muestra que la fragmentación puede estar limitando la capacidad de dispersión de *J. thurifera*. También la aridez se ha mostrado como un factor importante limitando la regeneración del sabinar. El uso antrópico que ocurre en torno a los núcleos de población y el uso pastoral actual no han mostrado relación con la del sabinar, mientras que el uso pasado todavía tiene un efecto sobre la dinámica de la vegetación actual.

## Agradecimientos

Este estudio se ha financiado con el proyecto CICYT REN2002-04668. El Gobierno de Aragón y el CSIC también han financiado este trabajo a través de un contrato para Y. P. Agradecemos a P. Gotor, E. Urieta, D. Moret, P. Muñoz y G. Amatulli su ayuda con el trabajo de campo, y a S.M. Vicente-Serrano y S. Beguería su ayuda con los datos meteorológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALADOS, C.L., PUEYO, Y., BARRANTES, O., ESCOS, J., GINER, L. & ROBLES, A.B.; 2004. Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid Mediterranean ecosystem. *Landscape Ecol.* 19: 543-559.
- BRAUN-BLANQUET, J. & BOLÓS, O.; 1957. Les groupements végétaux du Bassin Moyen de l'Ebre et leur dynamisme. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei* 5: 1-266.
- CARMEL, Y. & KADMON, R.; 1999. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. *Plant. Ecol.* 145: 243-254.
- DANTIN, J. & REVENGA, A.; 1941. Las líneas y las zonas isoxeras de España según índices termoplumiométricos. Avance al estudio de la aridez en España. *Estudios Geográficos* 2: 35-91.
- FIELDING, A.H. & BELL, J.F.; 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environ. Conserv.* 24: 38-49.

- HOLECHEK, J.L., PEIPER, R.D. & GERBE, C.H.; 1989. *Range management. Principles and practices*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N. J.
- INE; 1962. Censo Agrario de 1962.
- INE; 1999. Censo Agrario de 1999.
- KADMON, R. & HARARI-KREMER, R.; 1999. Landscape-scale regeneration dynamics of disturbed Mediterranean maquis. *J. Veg. Sci.* 10: 393-402.
- LI, H. & REYNOLDS, J.F.; 1994. A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps. *Ecology* 75: 2446-2455.
- M.A.P.A.; 1987. *Caracterización agroclimática de la provincia de Zaragoza*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- NOY-MEIR, I.; 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 25-51.
- PAN, D., DOMON, G., MARCEAU, D. & BOUCHARD, A.; 2001. Spatial pattern of coniferous and deciduous forest patches in an Eastern North America agricultural landscape: the influence of land use and physical attributes. *Landscape Ecol.* 16: 99-110.
- PICKUP, G.; 1994. Modeling Patterns of Defoliation by Grazing Animals in Rangelands. *J. Appl. Ecol.* 31: 231-246.
- QUIRANTES, J.; 1978. *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Institución "Fernando el Católico". Zaragoza.
- SANTOS, T. & TELLERÍA, J.L.; 1994. Influence of forest fragmentation on seed consumption and dispersal of spanish juniper. *Biol. Conserv.* 70: 129-134.
- SANTOS, T., TELLERÍA, J.L. & VIRGOS, E.; 1999. Dispersal of Spanish juniper *Juniperus thurifera* by birds and mammals in a fragmented landscape. *Ecography* 22: 193-204.
- SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J. & MARGULES, C.R.; 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conserv. Biol.* 5: 18-31.
- SMITH, T. & HUSTON, M.; 1989. A theory of the spatial and temporal dynamics of plant communities. *Vegetatio* 83: 49-69.
- STAMPFLI, A. & ZEITER, M.; 2004. Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought: a 13-year study in southern Switzerland. *J. Ecol.* 92: 568-576.
- SWANSON, F.J., KRATZ, T.K., CAINE, N. & WOODMANSEE, R.G.; 1988. Landform Effects on Ecosystem Patterns and Processes. *Bioscience* 38: 92-98.
- SWETS, J.A.; 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285-1293.
- TURNER, M.G., WEAR, D.N. & FLAMM, R.O.; 1996. Land ownership and land-cover change in the southern Appalachian highlands and the Olympic peninsula. *Ecol. Appl.* 6: 1150-1172.

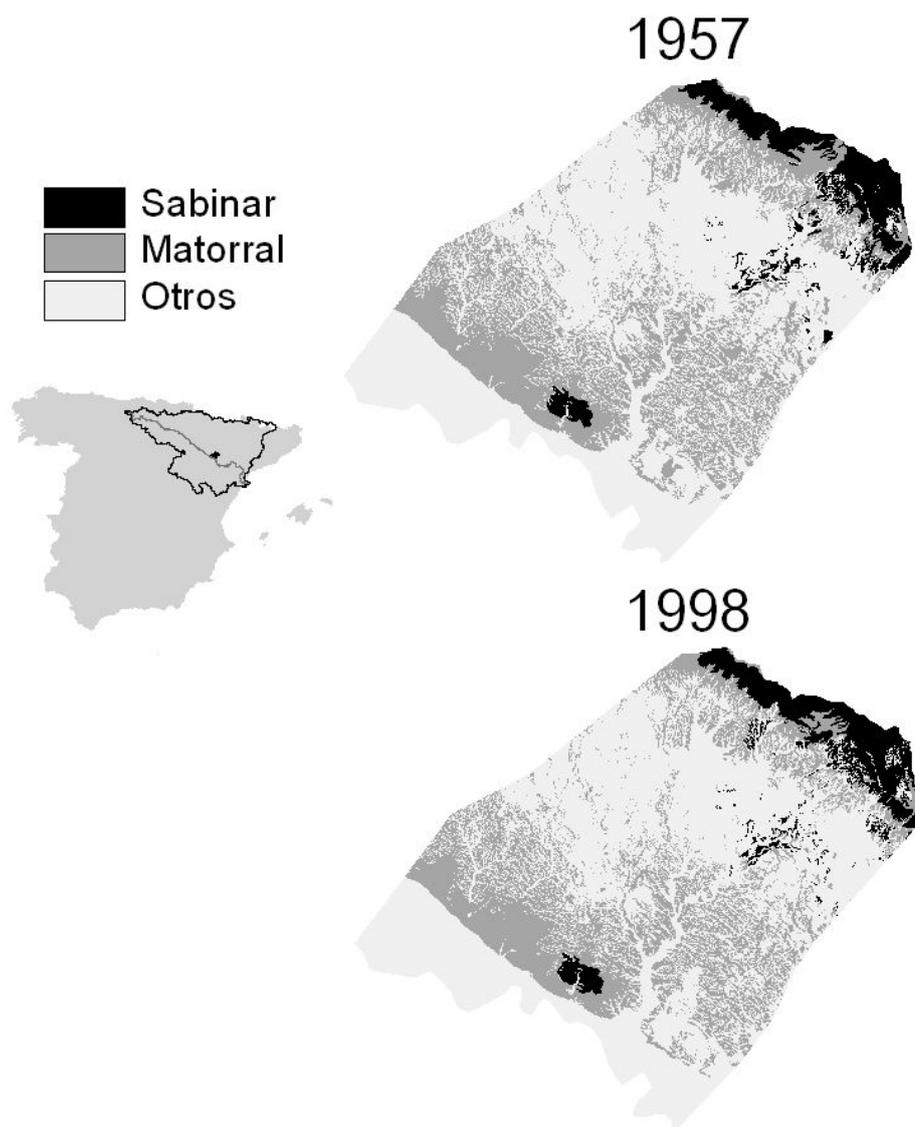


Figura 1. Localización de la zona de estudio en el Valle del Ebro y presencia de sabinar y matorral en 1957 y 1998 en la zona de estudio.

Tabla 1. Variables independientes introducidas en el modelo de regresión logística.

Variable	Unidades	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Pendiente	grados	8,462	7,617	0,072	42,489
Orientación	-	-0,291	0,638	-1,000	1,000
Aridez	-	3,864	0,292	3,312	4,460
Distancia sabinar 1957	metros	2143,521	2642,032	0,000	11189,010
Distancia asentamientos	metros	3933,234	1860,456	0,000	8874,165
Uso pastoral	-	1,055	0,332	0,027	1,887
Distancia establos abandonados	metros	1844,627	1020,207	28,284	5280,303

Tabla 2. Variables significativas en el modelo de regresión logística realizado para la probabilidad de recuperación del sabinar (-2LL=951,20;  $\chi^2=1641,97$ ; g.l.=8; sig.=<0,001).

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
<b>Bloque 1</b>						
<b>Pendiente</b>	3,656	0,634	33.269	1	0,000	38.704
<b>Aridez</b>	-6,778	0,596	129.352	1	0,000	0,001
<b>Yesos</b>	1,476	0,273	29.214	1	0,000	4.378
<b>Arcillas</b>	1,435	0,346	17.156	1	0,000	4.199
<b>Bloque 2</b>						
<b>Dist. sabinar 1957</b>	-12,767	1.229	107.991	1	0,000	6.633
<b>Bloque 3</b>						
<b>Dist. estab. aband</b>	1,892	0,611	9.580	1	0,002	6.633
<b>Constante</b>	0,996	0,506	3,875	1	0,049	2,707