

---

---

# Efectos de la sequía en encinares del Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac (Barcelona)<sup>1</sup>

---

Carles Castell i Puig

Àrea d'Espais Naturals  
Diputació de Barcelona

total o parcial de extensas áreas de encinar-, que por su morfología y fisiología parece más vulnerable a la sequía que otras especies mediterráneas de distribución similar. La sequía no causó directamente la muerte de un gran número de encinas (tan sólo el 1% de las afectadas), dado que la mayor parte de individuos rebrotaron de copa y/o cepa en los meses siguientes. Sin embargo, la seca ha significado un notable impacto sobre la estructura y dinámica de los encinares, con efectos directos e indirectos difíciles de evaluar en su totalidad. En el plano de la gestión, la corta de los troncos secos se ha mostrado beneficiosa al acelerar el crecimiento de los rebrotes de encina y, por tanto, el proceso de regeneración natural del encinar.

## Palabras clave

Sequía estival, gestión forestal, *Quercus ilex*, rebrote, Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

---

## Resum

### Efectes de la sequera en alzines del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

L'estiu de 1994 la franja mediterrània de la península Ibèrica, i en particular el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, es va veure afectada per un episodi extrem de calor i sequera. Els efectes es van manifestar especialment en l'alzina (*Quercus ilex*) amb la sequera total o parcial d'extenses àrees d'alzinar, que per la seva morfologia i fisiologia sembla més vulnerable a la sequera que altres espècies mediterrànies de distribució similar. La sequera no va causar directament la mort d'un gran nombre d'alzines (només l'1% de les afectades), atès que la major part d'individus van rebrotar de capçada i/o sota els mesos següents. Tanmateix la sequera ha significat un notable impacte sobre l'estructura i dinàmica dels alzinars, amb efectes directes i indirectes difícils d'avaluar en la seva totalitat. En el pla de la gestió, la tala dels troncs secs s'ha mostrat beneficiosa ja que ha accelerat el creixement dels rebrots d'alzina i, per tant, el procés de regeneració natural de l'alzinar.

## Paraules clau

Sequera estival, gestió forestal, *Quercus ilex*, rebrotada, Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

---

## Abstract

### Effects of the drought on holm oak forests in Sant Llorenç del Munt i l'Obac Nature Park (Barcelona)

In the summer of 1994 the Mediterranean rim of the Iberian Peninsula, and Sant Llorenç del Munt i l'Obac in particular, was affected by an episode of extreme heat and drought. The effects were especially notable on the holm oak (*Quercus ilex*), with the total or partial withering of large areas of forest made up of this species. Owing to its morphology and physiology, it appears to be more susceptible to drought than other Mediterranean species with a similar distribution. The drought caused the death of few trees directly (only 1% of those affected), as in most of them regrowth was in evidence at the crown and/or stump during the following months. Nevertheless, the drought has had a significant impact on the structure and dynamics of the holm oak woodland, with direct and indirect effects that are difficult to evaluate in their totality. In the area of management, it has been found beneficial to remove the dead branches, as this accelerates regrowth, and therefore also the process of natural regeneration of the holm oak forest.

## Keywords

Summer drought, forest management, regrowth, Sant Llorenç del Munt i l'Obac Nature Park

---

## Resumen

En verano de 1994 la franja mediterránea de la península Ibérica, y en particular el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, se vio afectada por un episodio extremo de calor y sequía. Los efectos se manifestaron especialmente en la encina (*Quercus ilex*) -con la seca

1. Article publicat a Montes, 63: 43-50. 2001.

---

## Introducción

---

Una de las características esenciales del clima mediterráneo es la escasez e irregular distribución de las precipitaciones, principalmente durante el periodo de sequía estival, que convierte a la disponibilidad hídrica en el principal factor limitante en esta región, y se traduce habitualmente en una drástica disminución de la producción vegetal durante la estación seca. La mayor parte de especies mediterráneas, entre ellas las del género *Quercus*, han adaptado su morfología y fisiología a esta situación, con una importante reducción del crecimiento en épocas de sequía moderada, que puede llegar a la interrupción total del crecimiento e incluso a la seca y caída de parte del follaje cuando la sequía se intensifica (Castell *et al.*, 1994; Sala y Tenhunen, 1994; Orwig y Abrams, 1997; Peñuelas *et al.*, 1998; Savé *et al.*, 1999). A pesar de los numerosos mecanismos de evitación y tolerancia del estrés hídrico, tras episodios extraordinarios de sequía extrema se puede producir la seca de partes enteras de la planta, o del conjunto del individuo, lo que puede llegar a ocasionar su muerte.

En el caso de las especies del género *Quercus* propias de la península Ibérica, se han venido detectando desde inicios de la década de los ochenta numerosos focos de decaimiento y muerte de encinas, alcornoques y robles, especialmente en el centro y sur de la península (Brasier, 1992; Pérez *et al.*, 1993; Díaz Tapia y Tapia Basaganyes, 1997; Monreal Montoya *et al.*, 1997), en un fenómeno que se ha denominado la «seca de los *Quercus*». Los diversos estudios llevados a cabo sugieren que este fenómeno se debe a la interacción de numerosos factores que lo propician –como la estructura densa y envejecida de las masas forestales, la pobreza de los suelos y la deficiente gestión forestal–, junto con otros factores que constituyen el detonante, entre los que se han citado los episodios de sequía extrema y los agentes patógenos. El papel de estos dos factores ha sido objeto de controversia, dado que algunos autores consideran la sequía como factor causal último –y los hongos e insectos serían parásitos de debilidad, nunca de alta virulencia– (Montoya, 1994), mientras otros autores han señalado a la sequía como agente debilitador, y a *Phytophthora cynamomi* –un hongo patógeno que afecta a la raíz– como auténtico causante de la seca (Brasier, 1992; Pérez *et al.*, 1993; Tuset *et al.*, 1997).

Otra importante característica del género *Quercus*, y en particular de la encina (*Quercus ilex*), es su gran capacidad de regeneración por rebrote tras la pérdida completa de la parte aérea –sea por seca, quema o corta– (Espelta *et al.*, 1999), a diferencia de los pinos ibéricos y otras especies no rebrotadoras, para las cuáles estas perturbaciones representan la muerte del individuo. Numerosos estudios han analizado los aspectos morfológicos, fisiológicos y demográficos del proceso de rebrote, básicamente después de cortas e incendios. Sin embargo, es mucho menos conocida la respuesta de las encinas a la seca completa de la parte aérea del individuo, y las pocas referencias existentes señalan una regeneración desigual, y que puede llegar incluso a ser nula (Pérez *et al.*, 1993; Lloret y Siscart, 1995; Monreal Montoya *et al.*, 1997). La relativa baja frecuencia de los fenómenos de sequía severa –en comparación con otras perturbaciones como incendios y cortas– incrementan la dificultad de obtención de datos referentes a sus efectos y a la respuesta de la vegetación.

El verano de 1994 se produjo en toda la franja mediterránea Ibérica, y en concreto en el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac (Barcelona), un episodio de sequía extrema. El resultado más inmediato y dramático de estas condiciones fue el gran número de incendios forestales, que devastaron más de 70.000 hectáreas en Cataluña ese año. Un efecto posterior y menos notorio, aunque igualmente grave, fue la seca parcial o total de numerosas especies vegetales, que afectó extensas superficies. En el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, la seca afectó a diversas especies arbustivas y arbóreas, pero muy especialmente a la encina. Durante los cinco años siguientes se ha desarrollado un estudio encaminado a valorar los efectos de la sequía en los encinares, determinar los factores relacionados con este fenómeno y analizar los procesos de regeneración natural. Paralelamente se han llevado a cabo tratamientos experimentales de gestión de los encinares secos, para evaluar posibles medidas encaminadas a acelerar su recuperación, uno de los aspectos de más interés en áreas protegidas como los parques naturales.

---

## Material y métodos

---

Los encinares ocupan unas 2.500 hectáreas en el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, principalmente en las partes altas de las dos sierras paralelas que conforman el macizo –Sant Llorenç y l'Obac–, entre los 600 y 1.000 m, aunque descienden hasta los 300 m en umbrías y fondos de valle (Pintó y Panareda, 1995). En cotas inferiores es habitual encontrar la encina junto a pinos carrascos y negrales, formando extensos bosques mixtos. Los encinares se sitúan mayoritariamente sobre los materiales eocénicos culminales del macizo, constituidos por conglomerados predominantemente calcáreos procedentes de antiguos depósitos deltaicos. La erosión hídrica ha modelado un paisaje agreste de relieve abrupto y fuertes pendientes, en el que abundan los singulares afloramientos rocosos. Sobre estos materiales, los suelos forestales descalcificados poco desarrollados de tipo entisol predominan en las laderas más inclinadas, mientras que en las zonas más llanas los suelos han evolucionado más y se pueden clasificar como inceptisol (Pont, 1989).

El estado de los encinares del Parque es reflejo de su gestión reciente, con un intenso aprovechamiento para la obtención de carbón, que cesó en los años cincuenta. Así, su estructura actual es la de un bosque en regeneración por rebrote, con un gran número de pies de tamaño pequeño o medio. La densidad obtenida en las parcelas objeto de estudio varía entre los 2.500 y los 8.500 pies por hectárea, mientras que el número de individuos oscila entre los 1.050 y los 2.550 por hectárea. Las áreas basales son elevadas, entre los 25 y 63 m<sup>2</sup>/ha.

La severidad de la sequía del verano de 1994 se pone de manifiesto en los datos meteorológicos obtenidos en el observatorio de Coll d'Estenalles (895 m s.n.m.). Tras un invierno y primavera con precipitaciones escasas pero bien repartidas (235 mm hasta el 15 de junio), se inició un periodo de temperaturas extraordinariamente elevadas, con máximas de 38°C durante el mes de julio, una humedad relativa del aire al mediodía por debajo del 15%, y solamente 17 mm de lluvia entre el 15 de junio y el 31 de agosto. El mes de septiembre de 1994 se empezaron a observar los

primeros síntomas de seca de las encinas, que en octubre alcanzó ya su grado máximo. Durante el otoño de 1994 e invierno de 1995 se realizaron los trabajos cartográficos de campo necesarios para determinar la zona afectada por este fenómeno.

Para cuantificar el grado de seca de los encinares se seleccionaron 17 parcelas a lo largo de un transecto que recorría el conjunto del área afectada de las sierras de Sant Llorenç y l'Obac (10 en l'Obac y 7 en Sant Llorenç). En estas parcelas, de 6 metros de diámetro, se midió el diámetro normal de los pies mayores de 5 cm (un total de 625 pies pertenecientes a 235 individuos), se estimó visualmente el porcentaje de copa seca, y se determinó si habían brotado en otoño de 1994. Asimismo, se caracterizaron las parcelas a partir de su situación geográfica, altitud, orientación y pendiente. En verano de 1995 se realizó un nuevo muestreo para analizar la dinámica regenerativa de las encinas afectadas por la sequía. Para ello se visitaron de nuevo las 17 parcelas y se determinó si cada una de las encinas había brotado de cepa y/o de copa, y si había florecido. Este muestreo se repitió en verano de 1996 y 1997.

Con el objetivo de evaluar algunas posibles medidas de gestión de los encinares secos, se llevó a cabo un tratamiento experimental en diciembre de 1995 para determinar el efecto de la eliminación de los pies secos sobre la regeneración. En dos parcelas de la sierra de l'Obac totalmente afectadas por la sequía y rebrotadas de cepa, se midió el diámetro normal de todas las encinas secas, el diámetro de las cepas, y el diámetro en la base y la altura de todos los rebrotes de cepa. A continuación se cortaron los troncos secos de la mitad de las encinas y se dejó la otra mitad como control (13 encinas para cada tratamiento y parcela). Durante los sucesivos veranos de 1996, 1997, 1998 y 1999 se midieron de nuevo el diámetro en la base y la altura de todos los rebrotes de cepa de las encinas cortadas y control, para determinar el efecto de la corta sobre el crecimiento de los rebrotes.

## Resultados

A partir de los trabajos cartográficos de campo se estimó que la superficie total de encinar afectado por la sequía, donde se podían observar manchas de encinas secas, parcial o totalmente, era de unas 1.100 hectáreas. Las zonas afectadas se encontraban principalmente en la mitad sur del Parque, de orientación meridional, y localizadas tanto en la sierra de Sant Llorenç como en la de l'Obac, aunque la intensidad y extensión del fenómeno eran superiores en l'Obac. Se comprobó la clara relación existente entre el tipo de suelo y el grado de seca de las encinas, ya que los efectos de la sequía eran mayores en aquellos lugares donde el suelo era menos profundo y con más afloramientos rocosos, y por tanto con menor capacidad de retención de agua. Se constató asimismo la seca de otras especies arbustivas y arbóreas, entre las que cabe destacar el pino albar (*Pinus sylvestris*), la sabina (*Juniperus phoenicia*), el enebro (*Juniperus oxycedrus*), el boj (*Buxus sempervirens*), la jara blanca (*Cistus albidus*) y el romero (*Rosmarinus officinalis*).

En el conjunto de las 17 parcelas de evaluación de la seca, 33 de los 235 individuos no presentaban síntoma alguno de afectación, lo que representa el 14% del total. El

86% de encinas afectadas se distribuían de la siguiente forma: 71 individuos (el 30% del total) se habían secado en menos del 25% de la copa, 58 (el 25%) entre el 25 y el 75% de la copa, 31 (el 13%) se habían secado entre el 75 y el 99% de la copa, y 42 (el 18% restante) se secaron en su totalidad. Por parcelas, se observó una gran variabilidad en el grado global de afectación, con valores medios de porcentaje de copa seca entre el 11 y el 97%.

Tras analizar el efecto de las características de las parcelas sobre el grado de seca de las encinas, se determinó que la afectación media por individuo fue del 53% en la sierra de l'Obac y del 32% en Sant Llorenç, siendo a su vez del 44% en las parcelas orientadas a sur frente al 31% de las de orientación norte. Sin embargo, la elevada variabilidad, asociada principalmente al tipo de suelo de las parcelas, conllevó que ninguna de las diferencias señaladas fuese significativa (ANOVA;  $p = 0,123$  para la ubicación;  $p = 0,391$  para la orientación). A pesar de la gran variabilidad, se ha encontrado una correlación significativa y positiva ( $p = 0,012$ ;  $r^2 = 0,351$ ) entre la densidad de pies de encina en las parcelas y la afectación media (fig. 1), mientras que esta correlación no existía entre el área basal y la afectación. A escala individual, se ha observado también una relación entre el área basal de cada encina y su porcentaje de copa seca (fig. 2). Así, las encinas de menor tamaño podían estar más o menos secas, en función de la disponibilidad hídrica dada por su ubicación, pero a medida que se incrementaba el tamaño de las encinas disminuía el grado máxi-

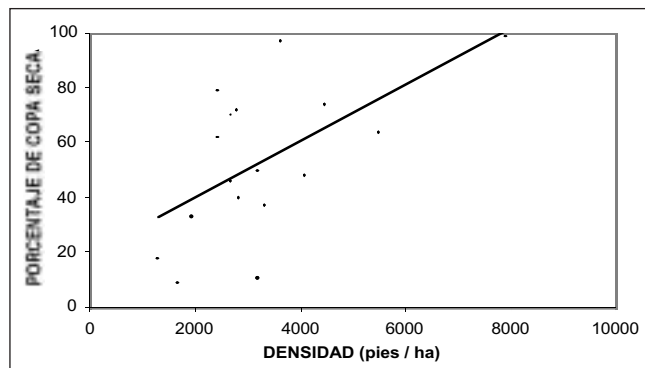


Figura 1. Relación entre la densidad de pies de encina de cada parcela y el porcentaje medio de copa seca de los árboles ( $p = 0,012$ ;  $r^2 = 0,351$ ).

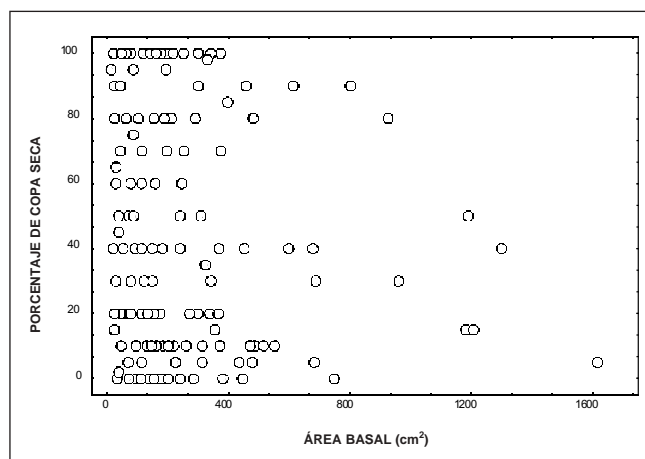


Figura 2. Relación entre el área basal de las encinas y el porcentaje de copa afectada por la sequía.

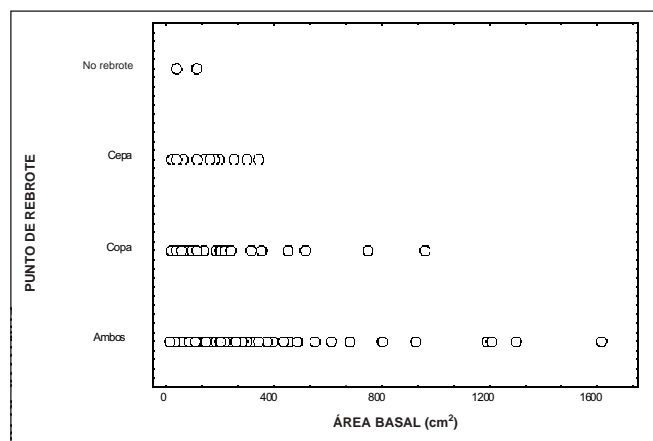
mo de afectación que podían presentar. Se puede observar como no se había secado completamente ninguna encina de más de 350 cm<sup>2</sup> de área basal.

Durante el otoño de 1994 se inició el rebrote de las encinas total o parcialmente secas. La mayoría de encinas rebrotó durante el primer año después de la seca (el 88,6 %), y este porcentaje alcanzó prácticamente el valor definitivo tras la primavera de 1996 (el 98,4 %). La tabla 1 muestra los porcentajes de rebrote de las encinas tras la primavera de 1997, en función del porcentaje de copa seca y del punto de rebrote –copa, cepa o ambos–. Este año, tan sólo un 1 % de los árboles afectados por la sequía todavía no había rebrotado, y podían considerarse muertos. Todas las encinas muertas correspondían a individuos que se secaron en su totalidad (casi el 6% de las encinas completamente secas), y en ningún caso se encontró mortalidad de árboles que mantuvieron alguna rama verde tras la sequía. La combinación del porcentaje de encinas totalmente secas (21% de las afectadas) con el porcentaje de mortalidad en este grupo (6%) permite calcular la mortalidad global de encinas en el área de estudio, que fue del 1%.

**Tabla 1.** Porcentaje de encinas rebrotadas de copa, de cepa, de copa y cepa, o sin rebrotar en función del porcentaje de copa seca. Datos referentes al verano de 1997, tres años después de la sequía.

Porcentaje de copa seca	Cepa	Copa	Cepa y copa	Sin rebrotar
0 – 24%	0	29,8	70,2	0
25 – 74%	0	28,6	71,4	0
75 – 99%	4,0	8,0	88,0	0
100%	48,6	8,6	37,1	5,7
<b>Total</b>	<b>9,3</b>	<b>22,8</b>	<b>66,9</b>	<b>1,0</b>

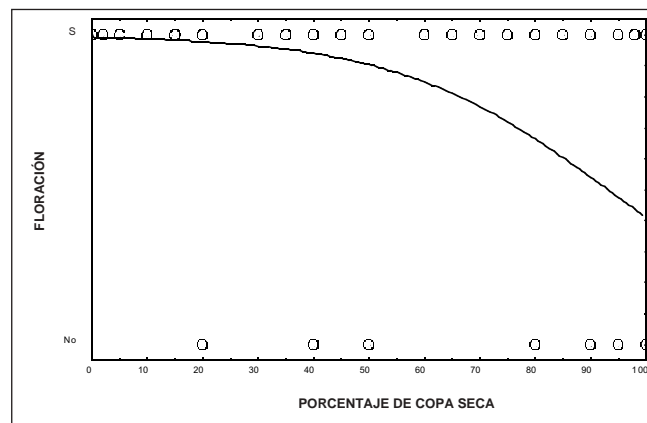
Se observó asimismo una relación entre el tamaño de las encinas y el punto de rebrote, en caso de haberlo hecho (fig. 3). Así, las encinas de mayor tamaño rebrotaron de cepa y copa, y a medida que disminuye el tamaño lo hicieron sólo de copa, sólo de cepa, y es únicamente entre las encinas más pequeñas donde se encontraron individuos no rebrotados. Esta relación obedece en parte al efecto del ta-



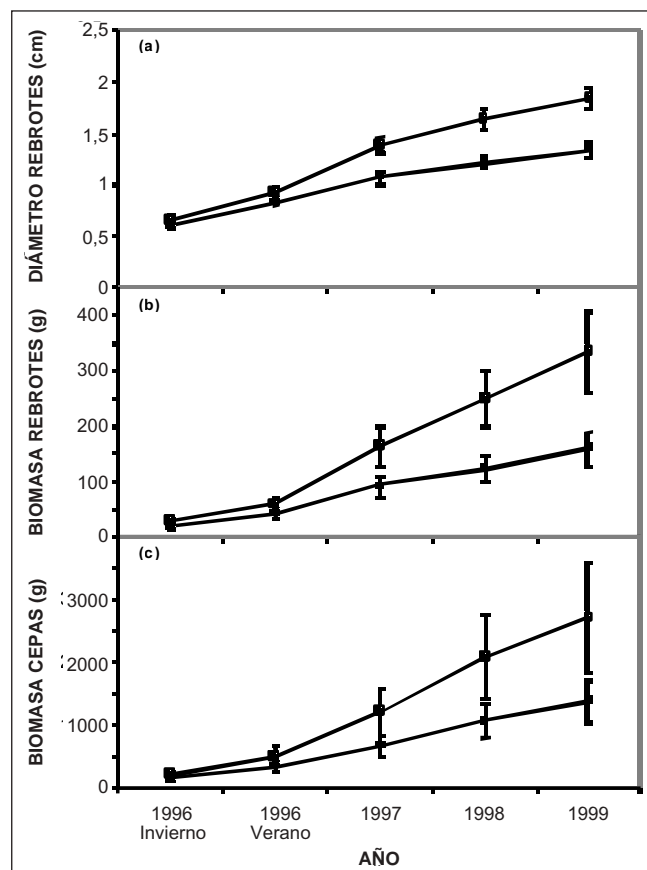
**Figura 3.** Relación entre el área basal de las encinas y el punto de rebrote (no rebrote, de cepa, de copa, o de cepa y copa a la vez).

maño de la encina sobre el grado de afectación (fig. 2), ya que éste determina en gran medida la capacidad del individuo para poder rebrotar de cepa, de copa, o la imposibilidad de rebrotar.

La sequía afectó también a la biología reproductiva de las encinas. En la primavera de 1995 solamente floreció el 27% de las encinas muestreadas, un porcentaje que ascendió al 81% en 1996 y al 62% en 1997. Además, en estos tres años, la floración a escala individual se vio condicionada por el grado de seca de las encinas en el año 1994.



**Figura 4.** Modelo de regresión logística entre el porcentaje de copa seca de cada encina y la floración en primavera de 1996 (valor 1 para la floración y valor 0 para la no floración;  $p = 0,000000$  para el modelo y los parámetros;  $\chi^2$  cuadrado = 66,93; parámetro de la constante = 4,84; parámetro de la variable = -0,052;  $n = 235$ ).



**Figura 5.** Diámetro (a) y biomasa media (b) de los tres rebrotos dominantes por cepa, y biomasa total de rebrotos por cepa (c) en encinas cortadas (—) y control (—), durante los 4 años posteriores a la corta (media  $\pm$  error estándar  $n = 69$  para los rebrotos y  $n = 13$  para las cepas).

Así, en el año 1995, la sequía hizo disminuir la floración en todo el gradiente de afectación de las encinas, pero muy especialmente en aquellas más afectadas (ji cuadrado = 20,97,  $p = 0,00000$ , coeficiente de variable =  $-0,022$ , para el modelo de regresión logística). En 1996, la floración se mostró mucho más asociada al grado de afectación (ji cuadrado = 66,93,  $p = 0,00000$ , coeficiente de variable =  $-0,052$ ), de forma que se redujo substancialmente en las encinas que se habían secado en más de la mitad de la copa (fig. 4). En 1997, el efecto de la sequía sobre la floración disminuyó (ji cuadrado = 46,62,  $p = 0,00000$ , coeficiente de variable =  $-0,029$ ), lo que indica una atenuación en el tiempo del impacto de la seca.

La corta experimental de encinas secas modificó sensiblemente la regeneración por rebrote en los años posteriores a la seca (fig. 5). No se observaron diferencias significativas entre encinas cortadas y control en el número de rebrotes por cepa ( $p = 0,6140$ , ANOVA de medidas repetidas) ni en la altura media de los tres rebrotes dominantes por cepa ( $p = 0,4768$ ) entre los años 1995 y 1999. En cambio, sí se obtuvieron diferencias significativas en el diámetro medio y el peso medio de los tres rebrotes dominantes por cepa ( $p = 0,0000$ , en ambos casos), y en la biomasa total por cepa ( $p = 0,0465$ ), con valores de más del doble de biomasa de rebrotes en las encinas cortadas que en las encinas control, después del periodo de cuatro años.

Finalmente cabe señalar que tras el verano de 1998 –cuando se produjo otro episodio de sequía severa–, se observó la seca de cepas enteras de rebrotes aparecidos después de la sequía de 1994. La magnitud de este fenómeno pudo cuantificarse en las dos parcelas experimentales de corta, donde se constató la seca total del 20% de las encinas que habían rebrotado de cepa. En ningún caso se observó la seca de partes, o de la totalidad, de encinas verdes de copa, no afectadas en su día por la sequía de 1994.

## Discusión

Las características de la seca de encinas observada en el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac parece indicar que se trató de un efecto directo de la sequía, más que a agentes patógenos como *Phytophthora cynamomi*. El hecho de que las encinas no mostrasen exudados ni brotes epicórmicos, la distribución de la seca se centrara en las zonas más áridas del Parque –orientaciones sur y suelos pedregosos–, y el fenómeno fuese de gran rapidez –se desarrolló tan sólo en un mes– hacen pensar en la sequía como principal agente causante. Sin embargo, se apuntan algunos factores que han podido influir en el grado de afectación de las encinas, como la estructura del bosque –caracterizada por la densidad de pies de encina–, la orientación de las parcelas –aunque no ha resultado estadísticamente significativo– o la profundidad del suelo –indicación tan sólo cualitativa–. El papel de algunos de estos factores, potenciando o atenuando los efectos de la sequía, ya había sido citado anteriormente (Montoya, 1994; Díaz Tapia y Gamo Basaganyes, 1997; Monreal Montoya *et al.*, 1997).

En conjunto, el 18% de las encinas de la zona afectada se secaron en su totalidad, un valor similar a los encontrados por Lloret y Siscart (1995) sobre esquistos de una zona próxima (11% de árboles secos), y mucho menor que

el 75% que estos mismos autores señalan sobre material de piedemonte. Estos valores se ajustan a la capacidad diferencial de estos suelos para permitir a las encinas la absorción de agua durante periodos de sequía, y apuntan a la dependencia de esta especie de la disponibilidad hídrica del suelo. Este efecto edáfico se puso de manifiesto en los rellanos que forma el conglomerado, donde la seca fue más severa en los bordes externos de las plataformas que en las zonas internas que podían retener el agua. Dado que las zonas afectadas correspondían a suelos desarrollados sobre conglomerados muy erosionados, con presencia de numerosas grietas, canales y depresiones por las que penetran las raíces de las encinas, la variabilidad edáfica resultó imposible de evaluar e incorporar al estudio.

A escala individual, la seca afectó en mayor grado a las encinas de menor tamaño, que se mostraron muy vulnerables en condiciones ambientales especialmente adversas. Fenómenos similares de mayor supervivencia de los individuos más grandes después de perturbaciones se han descrito también en *Quercus suber* tras incendios (Pausas, 1997). En el caso de la seca de la encina, la importancia de la profundidad del suelo, de la densidad de pies en las parcelas y del tamaño de los individuos, parece indicar que la capacidad para asegurar la absorción de agua en condiciones de estrés hídrico severo, ligada a un profundo y extenso sistema radicular, determina el alcance de este proceso. Este hecho está muy relacionado con la estrategia de la encina frente al estrés hídrico. Así, mientras muchas especies mediterráneas, caracterizadas por un sistema radicular superficial, reducen los efectos del estrés hídrico básicamente por medio de la disminución de la pérdida de agua por transpiración, la encina muestra un comportamiento menos conservador en el control de la transpiración, y basa su tolerancia en el mantenimiento del aporte de agua a través de un profundo sistema radicular (Castell *et al.*, 1994; Castell, 1997). Por ello, cuando la sequía es extrema y se reduce notablemente la disponibilidad de agua en el suelo, la encina es una de las especies propiamente mediterráneas más afectadas, frente a otras, como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) o el madroño (*Arbutus unedo*), capaces de resistir niveles más elevados de estrés hídrico.

Dado que las sequías extremas no han sido un fenómeno infrecuente en los últimos años (se han contabilizado episodios de sequía severa en los años 1986, 1994 y 1998), es factible pensar que las poblaciones de encina pueden sufrir un notable impacto en periodos de tiempo relativamente reducidos, mucho mayor que otras especies de características y distribución similares. En este sentido, Peñuelas *et al.* (1998), tras comparar la ecofisiología de la encina y el labiérnago (*Phillyrea latifolia*) durante periodos de sequía, han observado una superioridad competitiva de este último, que podría llegar a desplazar a la encina en algunas zonas.

Los datos del presente estudio han mostrado una mortalidad directa de tan sólo el 1% de las encinas afectadas por la sequía (el 6% de las encinas que se secaron en su totalidad), lo que podría indicar un moderado impacto demográfico de la sequía sobre la encina. Sin embargo, aun sin llegar a ocasionar la muerte de los individuos, la sequía ha tenido un gran efecto sobre la estructura de los encinares. Así, la sequía ha representado una notable reducción de la biomasa aérea y una disminución de la estructuración vertical del bosque, debido a la seca de gran parte de las co-

pas, compensada sólo en parte por los rebrotes de copa y cepa. Asimismo, parece que las encinas rebrotadas pueden tener una menor resistencia a futuras sequías, como lo demuestra la elevada mortalidad en 1998 de individuos rebrotados de cepa tras la sequía de 1994. Finalmente, la sequía ha significado una importante distorsión de la biología reproductiva de las encinas, como muestra el importante descenso en la floración, que lógicamente se ha de traducir en una menor producción de frutos. Por todo ello, no debe menospreciarse la importancia de la seca de las encinas, con numerosos efectos directos e indirectos, no tan solo para esta especie sino para el conjunto del ecosistema. En este sentido la disminución de la producción de bellotas puede adquirir una especial relevancia para las numerosas especies de aves y mamíferos que se alimentan de este recurso.

Tras la seca, las encinas mostraron una gran capacidad de regeneración por rebrote, ya que más del 95% de los individuos completamente secos rebrotaron de cepa y/o de copa. Este dato podría reforzar la hipótesis formulada por algunos autores (López Soria y Castell, 1992), en referencia a que el rebrote es un rasgo adaptativo aparecido como respuesta a la presión evolutiva de las sequías extremas y que ha sido favorable secundariamente como estrategia de regeneración tras incendios. Así, la mortalidad del 5% observada tras la seca es sensiblemente menor a la indicada por estos autores, también en encina, pero tras incendios en cinco zonas del centro de Catalunya, con un valor medio de mortalidad del 12% (rango del 9% al 18%). El proceso de rebrote se ve afectado también por el tamaño del individuo, en parte debido a su efecto sobre el grado de afectación de las encinas. Así, la mortalidad reseñada se concentra en las encinas de menor tamaño, que además, en caso de rebrotar lo hacen de cepa, con la importancia demográfica y estructural que esto supone.

El tratamiento experimental de corta de las encinas secas no ha mostrado ningún efecto sobre el número de rebrotes, lo que parece indicar que la presencia o ausencia de los troncos secos no determina la dormición o activación de las yemas. Asimismo, los procesos de mortalidad por competencia entre rebrotes de encina son todavía reducidos en estos primeros años (Retana *et al.*, 1992), y no se pone de manifiesto un posible efecto de los troncos secos, que podría apuntarse en estadios más avanzados de regeneración.

Sí se ha observado una correlación entre el número de rebrotes por cepa y el tamaño de ésta ( $r^2 = 0,560$ ), que se traduce en una correlación entre el tamaño de la cepa y la biomasa de rebrotes ( $r^2 = 0,603$ ). Resultados similares se obtuvieron en encinares próximos tras corta para explotación forestal (Retana *et al.*, 1992). En aquel caso, la producción anual media por individuo fue de 1 kg, mientras que en este estudio se ha alcanzado un valor de 0,6 kg. Esta diferencia es debida básicamente al tamaño menor de las cepas del presente estudio, lo que indica el gran vigor del rebrote de las encinas cortadas tras la seca, comparable a la regeneración de las encinas cortadas en verde. El efecto del tamaño de la encina se ha constatado en diversas ocasiones durante el estudio, tanto sobre su capacidad de resistencia a la sequía como sobre su potencial de regeneración tras la perturbación. De esta manera, en conjunto las encinas más grandes presentan un porcentaje menor de copa seca, sufren una menor mortalidad por efecto de la se-

quía, rebrotan mayoritariamente de copa –o de copa y cepa–, y presentan una mayor biomasa y producción de rebrotes, lo que representa una dinámica regenerativa más rápida.

La gestión de este tipo de sistemas perturbados, especialmente en espacios protegidos como el que se ha tratado aquí, debe encaminarse a disminuir el impacto de la perturbación y acelerar los procesos de recuperación. En este sentido, la corta de los troncos secos se ha mostrado beneficiosa para estimular la regeneración por rebrote de cepa de las encinas. En concreto, los rebrotes de las encinas cortadas muestran un mayor crecimiento en diámetro de los rebrotes dominantes, que conlleva un mayor peso medio de estos rebrotes y una biomasa en el conjunto de la cepa de más del doble que en las encinas control. Este fenómeno parece estar relacionado con la mayor intensidad lumínica que reciben los rebrotes al eliminar los troncos secos, como sugiere la mayor relación altura-diámetro en los rebrotes de las encinas control, característico de los rebrotes que se desarrollan a bajas intensidades de luz, y que potencian el crecimiento en altura (Castell y Terradas, 1995). En su conjunto, pues, los efectos de la corta conducen a una mayor producción de los rebrotes, que se traduce en una importante estimulación de los procesos de regeneración natural y de recuperación más rápida de la estructura anterior a la perturbación. Sin embargo, esta práctica conlleva diversos problemas para hacerla extensiva, debido a sus elevados costes y a la dificultad para acceder a amplias zonas montañosas.

---

#### Agradecimientos

---

Este estudio no habría podido llevarse a cabo sin la colaboración de todo el personal del Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, en especial del Sr. Carles Dalmasas. Asimismo, el Dr. Javier Retana ha colaborado en el tratamiento estadístico de los datos y ha revisado la primera versión del manuscrito.

---

#### Bibliografía

---

- Brasier, C.M. (1992). Oak tree mortality in Iberia. *Nature*, 360: 539.
- Castell, C. (1997). *Ecofisiología de dues espècies rebrotadores mediterrànies, l'arboç i l'alzina*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- Castell, C.; Terradas, J. (1995). «Water relations, gas exchange and growth of dominant and suppressed resprouts of *Arbutus unedo* L.», *Tree Physiology*, 15: 405-409.
- Castell, C.; Terradas, J.; Tenhunen, J.D. (1994). «Water relations, gas exchange and growth of resprouts and mature plant shoots of *Arbutus unedo* L. and *Quercus ilex* L.» *Oecologia*, 98: 201-211.
- Díaz Tapia, M.; Gamo Basaganyes, M. (1997). «Efectos de la sequía en las masas forestales de la provincia de Toledo». *Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso - II Congreso Forestal Español, II*: 39-44. Pamplona.
- Espelta, J.M.; Sabaté, S.; Retana, J. (1999). «Resprouting Dynamics». Rodà, Retana, Gracia & Bellot (eds.), *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests. Ecological Studies*, 137: 61-73. Springer-Verlag, Berlín.

- López Soria, L.; Castell, C. (1992). «Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species.» *Oecologia*, 91: 493-499.
- Lloret, F.; Siscart, D. (1995). «Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina.» *Cuadernos de la S.E.C.F.*, 2: 77-81.
- Monreal Montoya, J.A.; Galletero Blázquez, A.; Chumillas Fernández, R.; Salvador Andrés, D. (1997). «Contribución al estudio de la seca de la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) en el noroeste de la provincia de Albacete.» *Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso - II Congreso Forestal Español*, V: 289-294. Pamplona.
- Montoya, J.M. (1994). «Nota sobre la seca de los *Quercus*.» *Montes*, 38: 61.
- Orwig, D.A.; Abrams, M.D. (1997). «Variation in radial growth responses to drought among species, site and canopy strata.» *Trees*, 11: 474-484.
- Pausas, J.G. (1997). «Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire.» *Journal of Vegetation Science*, 8: 703-706.
- Peñuelas, J.; Filella, I.; Llusà, D.; Siscart, D.; Piñol, J. (1998). «Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photobiology of the Mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*.» *Journal of Experimental Botany*, 49: 229-238.
- Pérez, J.T.; Burzaco, A.; Vázquez, F.M.; Pérez, M.C.; Espárrago, F. (1993). «La seca de la encina (*Q. rotundifolia* Lam.) y del alcornoque (*Q. suber* L.) en la provincia de Badajoz 1988-1992.» *Actas del I Congreso Forestal Español*, III: 397-402. Pontevedra.
- Pintó, J.; Panareda, J.M. (1995). *Memòria i mapa de vegetació de Sant Llorenç del Munt*. Barcelona: Aster Editorial.
- Pont, J. (1989). «Introducció als sòls de Sant Llorenç del Munt.» *I Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac*: 9-13. Diputació de Barcelona.
- Retana, J.; Riba, M.; Castell, C.; Espelta, J.M. (1992). «Regeneration by sprouting of holmoak (*Quercus ilex*) stands exploited by selection thinning.» *Vegetatio*, 99-100: 355-364.
- Sala, A.; Tenhunen, J.D. (1994). «Site-specific water relations and stomatal response of *Quercus ilex* L. In a Mediterranean watershed.» *Tree Physiology*, 14: 601-617.
- Savé, R.; Castell, C.; Terradas, J. (1999). «Gas Exchange and Water Relations.» Rodà, Retana, Gracia & Bellot (eds.) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests. Ecological Studies*, 137: 135-147. Springer-Verlag, Berlín.
- Tuset, J.J.; Hinarejos, C.; Mira, J.L.; Cobos, J.M. (1997). «Síntomas de estrés hídrico y de «seca» en encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) inoculadas con *Phytophthora cinnamomi* en una dehesa del centro de España.» *Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso - II Congreso Forestal Español*, V: 473- 478. Pamplona.