

INFLUENCIA DEL CALOR Y DEL ACLARADO SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer*¹

L. VALBUENA*, I. ALONSO*, R. TÁRREGA* & E. LUIS*

RESUMEN.- El objetivo de este estudio es determinar si el aumento de temperatura que se produce en el suelo durante los incendios favorece la germinación de las semillas de *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer*. Se realizan ensayos de germinación en el laboratorio, calentando las semillas a diferentes temperaturas durante distintos tiempos. Paralelamente, se estudia la regeneración de ambas especies en condiciones de campo, en parcelas experimentales sometidas a quema controlada y corta de la biomasa aérea. *Cistus ladanifer* se regenera mejor que *Cistus laurifolius*, en términos de número de plántulas, y mejor en las parcelas quemadas que en las cortadas. La altura en cada caso sigue patrones diferentes. Los resultados de campo concuerdan con los de laboratorio.

RÉSUMÉ.- L'objectif de cette étude consiste à déterminer l'augmentation de la température dans le sol pendant les incendies favorise la germination des semences de *Cistus laurifolius* et *Cistus ladanifer*. On a réalisé des essais de germination au laboratoire, en faisant chauffer les semences à plusieurs températures pendant des temps différents. En même temps on a étudié la régénération de ces deux espèces sur le terrain, dans des parcelles expérimentales soumises à un brûlage contrôlé et court de la biomasse aérienne. *Cistus ladanifer* se régénère mieux que *Cistus laurifolius*, en ce qui concerne le nombre de plantules, et mieux dans les parcelles brûlées que dans celles coupées. Le hauteur a suivi des modèles différents. Les résultats de terrain concordent avec ceux obtenus au laboratoire.

ABSTRACT.- The aim of this study is to determine if the increase of the temperature of the soil while a wildfire improves the germination of *Cistus laurifolius* and *Cistus ladanifer*. Laboratory experiments were carried out by heating the seeds to different temperatures and at different periods of time. On the other hand, the regeneration of both species in the field was studied in experimental plots that were subjected to prescribed burning, as well as to cutting of the aerial biomass. *Cistus ladanifer* regrows better than *Cistus laurifolius*. The answer, in terms of seedling number, is also better in the burnt plots than in the cut. The height in each case follows different patterns. The field results agree with those of the laboratory.

¹ Recibido en febrero de 1992.

* Area de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de León. 24071-León.

Key-words: *Cistus laurifolius*, *Cistus ladanifer*, germination, heat, controlled burning.

La mayor parte de las especies leñosas propias de climas mediterráneos han convivido con el fuego durante cientos de años (BISWELL, 1974; NAVEH, 1974; PAPANASTIS, 1977; KEELEY & KEELEY, 1981; TRABAUD, 1987a; LILLIS & TESTI, 1990), por lo que poseen mecanismos para sobrevivir o regenerarse rápidamente tras el incendio. Entre las adaptaciones más frecuentes se encuentra la capacidad de rebrotar por vía vegetativa. Esto les permite ocupar rápidamente el espacio por disponer de un sistema radicular ya formado, y representa una clara ventaja frente a las especies que sólo se reproducen por semillas (NAVEH, 1974; TRABAUD, 1987b). Sin embargo, algunos de los matorrales mediterráneos más típicos, como es el caso de la mayoría de las especies del género *Cistus*, poseen exclusivamente reproducción sexual (LE HOUEROU, 1974; TRABAUD & OUSTRIC, 1989a).

Son muchos los trabajos que señalan el efecto del calor en la estimulación de la germinación de las semillas de numerosas especies mediterráneas (NAVEH, 1973; KEELEY, 1987; TRABAUD, 1987b) y específicamente sobre las semillas de *Cistus* (VUILLEMIN & BULARD, 1981; LOPES, 1988; TRABAUD & OUSTRIC, 1989a,b; LEGRAND, 1990). En este sentido, el género *Cistus* se ha venido considerando como un pirófito típico, que resultaría beneficiado por el fuego y se extendería ampliamente por las zonas quemadas. Sin embargo, TRABAUD (1987c) al discutir el término "pirófito" afirma que las especies de *Cistus*, más que resultar favorecidas por los incendios, se comportan como oportunistas, ocupando las zonas vacías, libres de competidores agresivos.

El objetivo de este trabajo consiste en determinar si el aumento de temperatura que tiene lugar en el suelo durante el incendio favorece realmente la germinación de las semillas de dos especies de *Cistus*, *C. laurifolius* y *C. ladanifer*, o si éstas, simplemente, se desarrollan en los terrenos abiertos. Para ello se realizaron ensayos de germinación en el laboratorio, después de someter las semillas a un rango de temperaturas (de 75 a 300°C) durante diferentes tiempos. Paralelamente se establecieron parcelas experimentales en el campo, en zonas de características homogéneas, que fueron sometidas a quemaz controlada y corta de la biomasa aérea. Se intentaba así establecer una relación entre los resultados de campo y los de laboratorio. En las parcelas cortadas se pretende apreciar la respuesta de germinación de *Cistus* en situación de escasa competencia y sin el efecto del calor, comparándola con la de las parcelas quemadas, con objeto de aislar el efecto térmico de la ausencia de competidores.

1. Material y método

1.1. Regeneración en parcelas experimentales

El trabajo de campo se realizó durante los años 1989 y 1990. Para ello se eligió un monte bajo situado cerca de Destriana, al suroeste de la provincia

de León. En este lugar, *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer* constituían formaciones casi monoespecíficas en dos tramos muy próximos entre sí y de características semejantes. En cada tramo se establecieron dos parcelas de 100 m², separadas entre sí por un corredor de un metro de ancho. En el primero, denominado serie A, *Cistus ladanifer* era la especie dominante, mientras que la serie B era una zona de ecotonía entre ambas, pero con claro dominio de *Cistus laurifolius*.

Los tratamientos se llevaron a cabo en Julio de 1989 y consistieron en la corta a ras del suelo de toda la biomasa leñosa, en una parcela, y quema de toda la fitomasa aérea en la otra.

Dentro de cada una de las cuatro parcelas se eligieron al azar 20 cuadrados de 0.5 m. de lado, que se marcaron y fueron muestreados posteriormente cada dos meses para observar su evolución. Los parámetros considerados fueron: número de plántulas de *Cistus* y altura de cada una de ellas.

Se realizó un análisis de la varianza para detectar diferencias en el número de plántulas (al año de las alteraciones) en función del tratamiento y de la especie. Previamente se había comprobado la existencia de normalidad (mediante el test de DAVID *et al.*, 1954) y homocedasticidad (mediante el test de COCHRAN, 1941). Al resultar significativo el análisis de la varianza, se aplicó como estadígrafo de contraste el test de TUKEY (1949), que es el más adecuado para comparar muestras de igual tamaño.

1.2. Ensayos de germinación en el laboratorio

Los frutos de las jaras se recolectaron en Julio de 1989, en zonas próximas a las de localización de las parcelas experimentales. Las semillas se almacenaron en la oscuridad, en un lugar fresco y seco, para garantizar su perfecta conservación, hasta la realización de los tratamientos térmicos.

Las semillas se sometieron a distintas temperaturas (75, 100, 150, 200 y 300°C) durante diferentes tiempos (1, 5 y 15 minutos) en un horno mufla. Inmediatamente después se sembraron en placas de petri, sobre papel de filtro embebido en agua destilada hasta saturación. Se emplearon 225 semillas para cada tratamiento y especie (25 por placa y 9 réplicas) y se sembró la misma cantidad de semillas no tratadas, como control.

El recuento de semillas germinadas se efectuó diariamente durante dos meses. Se consideraban semillas germinadas aquellas cuya radícula había perforado el tegumento y era apreciable a simple vista (BOOJ & RAMAKRISHNAN, 1982; VIGNA *et al.*, 1983).

Se compararon los resultados obtenidos mediante un análisis de la varianza de dos vías (temperatura y tiempo de exposición). Se utilizó como estadígrafo de contraste el test de TUKEY (1949). Previamente se había comprobado la existencia de normalidad y homocedasticidad.

2. Resultados y discusión

2.1. Regeneración en parcelas experimentales

Los primeros signos de rebrote se observaron en Febrero de 1990, siete meses después del tratamiento. Aunque comenzó al mismo tiempo en todas las parcelas, el número de plántulas era mayor en la parcela quemada de ambas series (tabla 1). *Cistus ladanifer* presentó una regeneración más rápida, con un mayor número de individuos desde las primeras fases, situación que se mantuvo durante todo el periodo de estudio (un año tras los tratamientos); en la parcela quemada se apreció una ligera mortalidad a principios de primavera. El número de plántulas de *Cistus laurifolius* era mucho menor; en la parcela quemada se observó una densidad elevada en Abril, seguida de una gran mortandad, probablemente causada por las fuertes lluvias de finales de primavera. Para *Cistus ladanifer* apenas se observó descenso en este mismo periodo, quizás debido a que las plántulas poseían un mejor enraizamiento al haber surgido con anterioridad.

TABLA 1
Número medio de plántulas por inventario (0.25 m²) en las parcelas experimentales durante el periodo de muestreo. (Mean number of seedlings relevé in the experimental plots during the sampling period).

		Oc. 89	Di. 89	Fe. 90	Ab. 90	Ju. 90
<i>Cistus laurifolius</i>	P. Cortada	0	0	0.05	0.90	1.40
	P. Quemada	0	0	2.65	11.35	4.95
<i>Cistus ladanifer</i>	P. Cortada	0	0	2.15	2.05	3.85
	P. Quemada	0	0	13.75	10.65	10.30

Comparando el número de plántulas en ambas especies al año de las alteraciones (tabla 2), se observaron diferencias muy significativas (99%) en el caso de la quema, pero no fue posible detectar estadísticamente las diferencias en el caso de la corta. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la densidad antes de los tratamientos era también menor en las parcelas de *Cistus laurifolius* que en las de *Cistus ladanifer*, pese a que la cobertura era ligeramente mayor en las primeras. (ALONSO *et al.*, 1990). Las diferencias entre tratamientos, más acusadas en *Cistus ladanifer*, resultaron estadísticamente significativas para ambas especies (al 90% y 99%, respectivamente), poniendo claramente de manifiesto la mejor respuesta a la quema.

INFLUENCIA DEL CALOR Y DEL ACLARADO

TABLA 2

Comparación entre el número de plántulas de *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer* al año de las alteraciones experimentales. (Comparison between number of seedlings of *C. laurifolius* and *C. ladanifer* one year after experimental perturbations).

Tabla del análisis de la varianza				
Fuente:	GL:	Suma cuadrados:	Media cuadrado:	F-test
Entre grupos	3	846.25	282.08	12.49
Dentro de grupos	76	1716.50	22.59	0.0001
Total	79	2562.75		

Comparaciones mediante el test de Tukey

		<i>C. laurifolius</i>		<i>C. ladanifer</i>	
		Quema	Corta	Quema	Corta
<i>C. laurifolius</i>	Quema	—			
	Corta	2.36*	—		
<i>C. ladanifer</i> :	Quema	3.56**	5.92**	—	
	Corta	0.73	1.63	4.29**	—

* p = 0.10

** p = 0.01

El crecimiento de las dos especies, en términos de altura de las plántulas, fue en un principio similar, independientemente de los tratamientos (fig. 1). A partir de Abril la altura, que había ido incrementándose constantemente, se disparó como respuesta a días más largo y cálidos. Una vez más, los individuos de *Cistus ladanifer* mostraron una mejor respuesta, más acusada en la parcela quemada. Para *Cistus laurifolius*, en cambio, en Abril se detectó una mayor altura en los individuos de la parcela cortada. Las diferencias, sin embargo, no son muy importantes.

2.2. Ensayos de germinación en el laboratorio

No se produjo cuando la temperatura era igual o superior a 150°C y el tiempo de exposición de 5 minutos o más. A 300°C ni siquiera se produjo cuando la duración fue de un minuto. En las semillas control el porcentaje de germinación fue mucho mayor en *Cistus ladanifer* que en *Cistus laurifolius* (59% y 21%, respectivamente), aunque en ambas especies es bastante superior al señalado por TRABAUD & OUSTRIC (1989a) para *Cistus albidus*, *Cistus monspeliensis* y *Cistus salvifolius*.

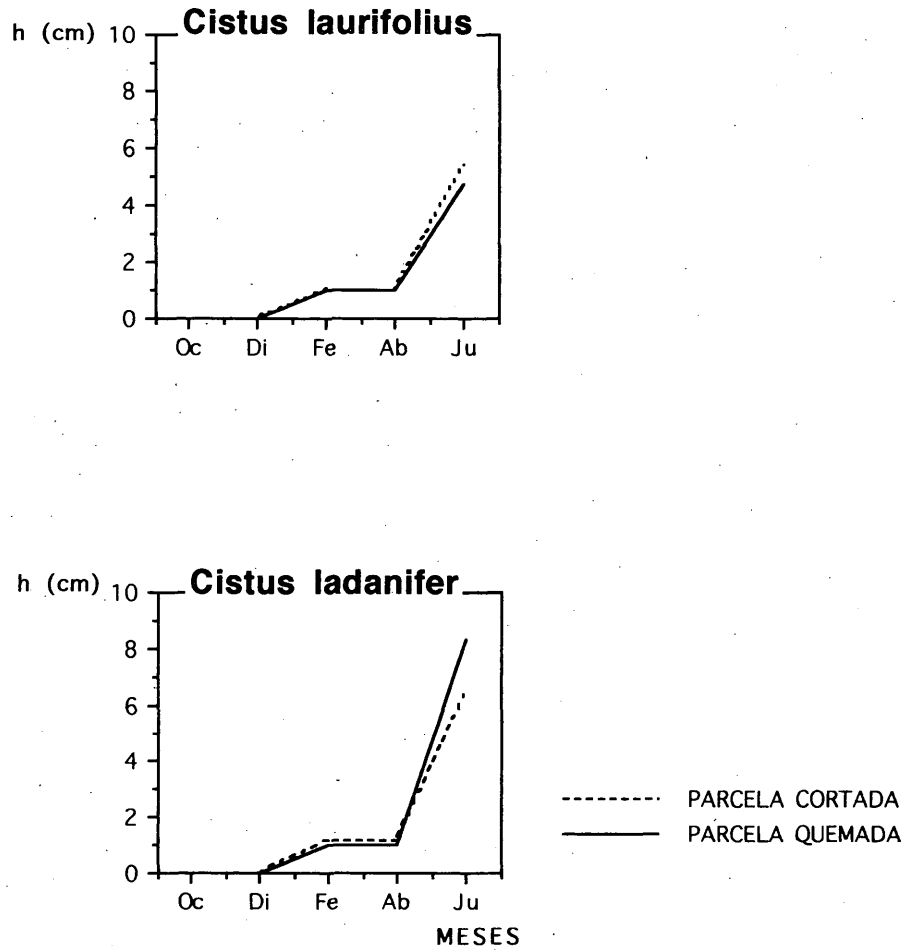


Fig. 1. Altura media de las plántulas de *Cistus laurifolius* y *Cistus ladanifer* en las parcelas experimentales durante el periodo de estudio. (Mean height of the seedlings of *Cistus laurifolius* and *Cistus Ladanifer* in the experimental plots during the study).

Cualquiera de los tratamientos térmicos empleados, salvo 100°C durante 15 minutos, dio lugar a porcentajes más altos de germinación en *Cistus ladanifer*. Mediante un test t de Student se obtuvo significación estadística entre las tasas de germinación de las semillas control de ambas especies. El análisis de la varianza de dos vías (tabla 3) detectó, a nivel global, diferencias significativas tanto entre los tratamientos térmicos como entre los tiempos de exposición para las dos especies. Para cada especie se presentan de forma resumida los resultados de las comparaciones desig-

INFLUENCIA DEL CALOR Y DEL ACLARADO

TABLA 3

Análisis de la varianza de dos vías (temperaturas y tiempo de exposición), comparando la germinación para ambas especies en función del tratamiento en el laboratorio. (Two-way ANOVA (temperature and exposure time) which compares germination rate on both species following laboratory treatment).

Cistus laurifolius				
Fuente:	gl:	Media cuadr.:	F-test:	Valor P:
Temperatura (A)	3	412.10	113.11	0.0001
Tiempo (B)	2	207.95	57.08	0.0001
AB	6	807.35	221.59	0.0001
Error	96	3.64		

Cistus ladanifer				
Fuente:	gl:	Media cuadr.:	F-test:	Valor P:
Temperatura (A)	3	1643.12	601.04	0.0001
Tiempo (B)	2	1803.51	659.71	0.0001
AB	6	470.69	172.18	0.0001
Error	96	2.73		

nando con distinta letra los tratamientos cuyas diferencias son estadísticamente significativas (95%), mientras que la misma letra indica que no lo son (fig. 2). Para *Cistus laurifolius*, el incremento en la tasa de germinación respecto al control fue significativo a 75°C, 15 minutos; 100°C, 5 y 15 minutos, y 150°C y 200°C durante 1 minuto, con valores superiores al 70% en los cuatro últimos casos. Para *Cistus ladanifer* la mayor parte de las temperaturas, salvo las letales, supusieron un incremento significativo respecto al control, superando el 95% de germinación a 100°C, 1 y 5 minutos, y a 150°C, 1 minuto. Sólo a 100°C durante 15 minutos descendió ligeramente la germinación.

El aumento de temperatura, por tanto, favorece la germinación de ambas especies, pero su óptimo es diferente, lo que coincide con las observaciones de otros autores que estudian *Cistus* (LOPES, 1988; TRABAUD & OUSTRIC, 1989a). *Cistus laurifolius* necesita unas temperaturas más altas o un tiempo de exposición más prolongado para que se incremente significativamente la germinación de sus semillas, aunque, como también ocurre en el caso de *Cistus ladanifer*, cuando el calor es demasiado elevado resulta letal. Sin embargo, es difícil que se produzcan temperaturas muy altas durante tiempos prolongados a nivel del suelo, sobre todo en los fuegos de superficie, que son los más frecuentes. Según TRABAUD (1979), en los 5 primeros cm del suelo, la temperatura oscila generalmente entre 40°C y 110°C.

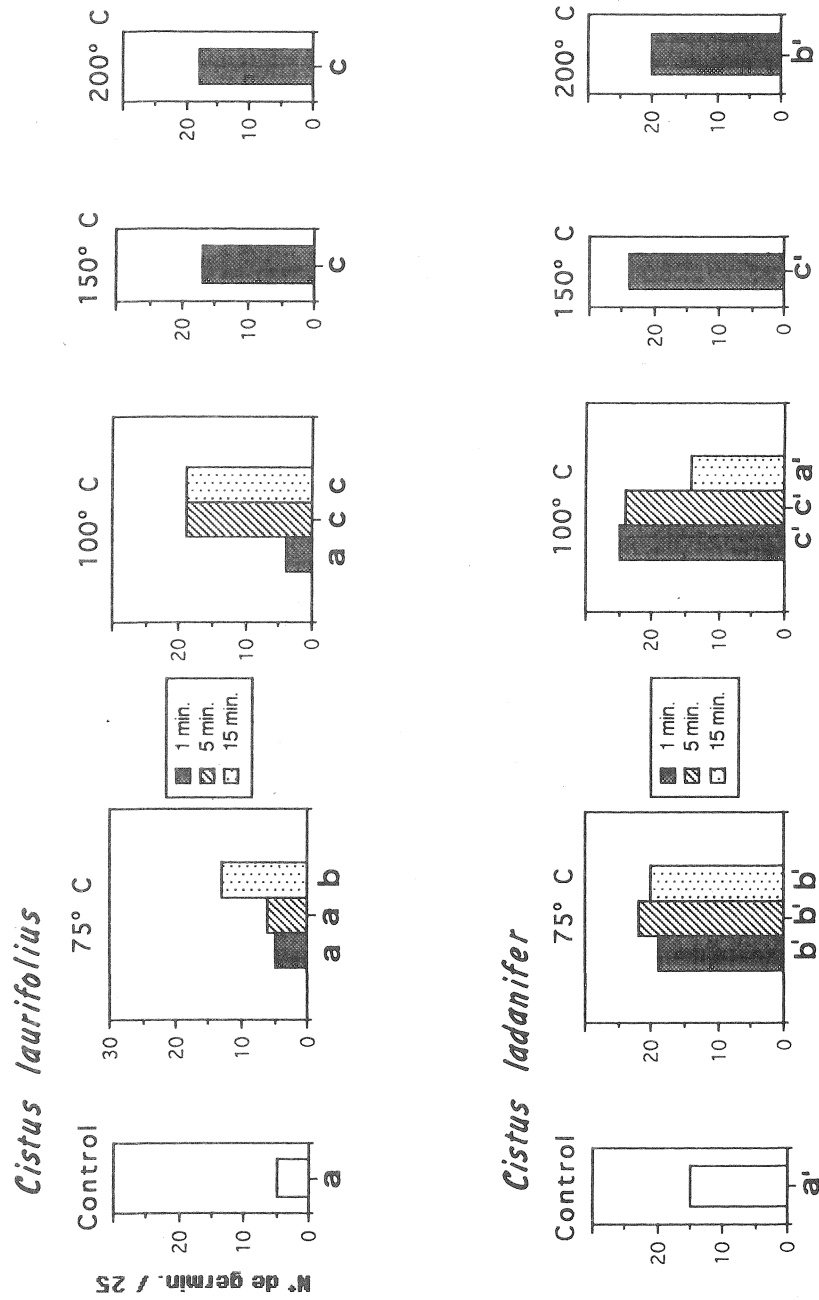


Fig. 2. Frecuencia media de germinación. Para cada especie, los tratamientos designados con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas. (Mean germination frequency. For each species there are significative differences between treatments marked with different letters).

3. Conclusiones

Los resultados de campo y laboratorio coinciden en una mejor respuesta de germinación en *Cistus ladanifer* que en *Cistus laurifolius*, tanto como resultado del calentamiento de sus semillas como en ausencia de tratamiento térmico.

Las semillas de ambas especies son capaces de germinar sin necesidad de elevar la temperatura, lo que coincide con las afirmaciones de TRABAUD (1987c). Por otra parte, el fuego favorece notablemente la germinación. La respuesta a los tratamientos en el laboratorio no es exactamente la misma, necesitando *Cistus laurifolius* temperaturas ligeramente más altas, o bien tiempos de exposición más prolongados para que se observen aumentos significativos respecto a las tasas de germinación de las semillas testigo. Para *Cistus ladanifer* casi todos los tratamientos térmicos empleados, salvo los letales, resultan beneficiosos; sin embargo, se aprecia un ligero descenso en la germinación al aplicar las temperaturas más altas que la permiten (es mayor la germinación al someterlas durante 1 minuto a 150°C que a 200°C), así como cuando se prolonga el calentamiento (a 100°C durante 15 minutos, por ejemplo).

En la quema de las parcelas no se midieron las temperaturas registradas, pero el efecto resultó beneficioso para ambas especies, con máximos parecidos, aunque ligeramente inferiores en *Cistus laurifolius* (45 plántulas/m² frente a 55 plántulas/m² en *Cistus ladanifer*). Esta última, además de ser más lenta, presenta en estas primeras fases de regeneración estudiadas, una tasa de supervivencia menor. Esto coincide con las observaciones de KEELEY (1986), que señala que las especies que únicamente poseen reproducción sexual sobreviven al fuego como banco de semillas en el suelo. La germinación se produce sólo durante el primer año después de la perturbación, dando lugar a una cohorte de la misma edad que experimenta una extrema mortalidad posterior.

Referencias

- ALONSO, I., LUIS, E. & TÁRREGA, R. (1990): Comparative study on the first year of regeneration of two *Cistus* species. *Proc. Int. Conf. Forest Fire Research*, C.17-1 - C.17-13, Coimbra.
- BISWELL, H. H. (1974): Effects of fire on chaparral. In: *Fire and Ecosystem*. Ed. T. T. Kozlowski & C. E. Ahlgren. Academic Press. 321-364, New York.
- BOOJ, R. & RAMAKRISHNAN, P. S. (1982): Seed germination and seedling establishment of two closely related *Schima* species. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*, 91 (5): 397-407.
- COCHRAN, W. G. (1941): The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. *Ann. Eugen (Lond)*, 11: 47-61.
- DAVID, H. A., HARTLEY, H. O. & PEARSON, E. S. (1954): The distribution of the ratio, in a single normal sample of range to standart deviation. *Biometrika*, 41: 482-493.
- KEELEY, J. E. (1986): Resilience of mediterranean shrub communities to fires. In: *Resilience in mediterranean-type ecosystems*. Ed. B. Dell, A. J. M. Hopkins & B. B. Lamont. Junk Plub., 95-112, Dordrecht.

- KEELEY, J. E. (1987): Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. *Ecology*, 68 (2): 434-443.
- KEEKEY, J. E. & KEELEY, S. C. (1981): Post-fire regeneration of Southern California chaparral. *Amer J. Bot.*, 68 (4): 524-530.
- LE HOUEROU, H. N. (1974): Fire and the vegetation in the Mediterranean Basin. *Annu. Tall Timbers Fire Ecol. Conf.*, 13: 237-277.
- LEGRAND, C. (1990): Strategies of three obligate-seeders shrubs, *Cistus albidus* (L.), *Ulex parviflorus* (Pourr.), *Rosmarinus officinalis* (L.) after fire. *Proc. Int. Conf. Forest Fire Research*, C.16-1 - C.16-6, Coimbra.
- LILLIS, M. & TESTI, A. (1990): Post-fire dynamics in a disturbed mediterranean community in Central Italy. In: *Fire in Ecosystems Dynamics*. Ed. J. G. Goldammer & M. J. Jenkins. SPB Academic Publishing: 53-62, The Hague.
- LOPES, A. (1988): Alguns aspectos sobre a germinação de *Cistus ladanifer*. *Congreso mundial sobre bosque y matorral mediterráneos*, Cáceres.
- NAVEH, Z. (1973): The ecology of fire in Israel. *Proc. of Tall Timbers Fire Ecol. Conf.*, 13.
- NAVEH, Z. (1974): Effects of fire in Mediterranean Region. In: *Fire and Ecosystems*. Ed. T. T. Kozlowski & C. E. Ahlgren. Academic Press: 401-434, New York.
- PAPANASTASIS, V. P. (1977): Fire ecology and management of phrygana communities in Greece. *Proc. of the Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems*. U.S.D.A. For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO3. 476-484.
- TRABAUD, L. (1979): Étude du comportement du feu dans la garrigue de Chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagation. *An. Sciences Forestières*, 36: 13-38.
- TRABAUD, L. (1987a): Dynamics after fire of sclerophyllous plant communities in the Mediterranean Basin. *Ecologia Mediterranea*, 13 (4): 25-37.
- TRABAUD, L. (1987b): Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in mediterranean ecosystems. In: *Plant response to Stress*. Ed. J. D. Tenhunen et al. Springer-Verlag: 607-621, Berlin.
- TRABAUD, L. (1987c): Fire and survival traits of plants. In: *The role of fire in ecological systems*. SPB Academic Publishing: 65-89, The Hague.
- TRABAUD, L. & OUSTRIC, J. (1989b): Comparaison des stratégies de régénération après incendie chez deux espèces de Ciste. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 44: 3-13.
- TRABAUD, L. & OUSTRIC, J. (1989a): Heat requirements for seed germination of three *Cistus* species in the garrigue of southern France. *Flora*, 183: 321-325.
- TUKEY, J. W. (1949): Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5: 99-114.
- VIGNA, M. R., FERNANDEZ, O. A. & BREVEDAN, R. E. (1983): Germinación de *Solanum alaeagnifolium*. *Studia Oecologica*, 4: 167-182.
- VUILLEMIN, J. & BULARD, C. (1981): Ecophysiologie de la germination de *Cistus albidus* L. et *Cistus monspeliensis* L. *Naturalia Monspeliensia, Série Bot.*, 46: 1-11.