

INFLUENCIA DEL MATORRAL DE *Cistus crispus* L. EN LA AMORTIGUACION DEL IMPACTO TERMICO DE LAS TEMPERATURAS ESTIVALES SOBRE LOS NIVELES PROXIMOS AL SUELO

J. C. Escudero, J. Cabezas, P. Vaquero
Area de Ecología. Facultad de Ciencias.
Universidad de Extremadura, Badajoz

Resumen

En este estudio se ha analizado la dinámica diaria de los gradientes térmicos en los niveles próximos al suelo y la amortiguación de estos por la intervención de *Cistus crispus* L., como especie de matorral de mediana talla formadora de estructuras cupulares, y se compara con las zonas vecinas a las que intencionalmente se les ha cortado el matorral.

Para detectar el impacto térmico que se produce entre el espacio protegido por *Cistus crispus* y la zona desprovista de matorral, se han realizado mediciones secuenciadas diaria, durante el verano, con el objeto de poner en evidencia el efecto de las temperaturas máximas anuales. Para ello, se han utilizado sistemas de termorresistencias en multicanales situados a distintos niveles sobre la superficie del suelo y en el subsuelo. Ello permite detectar diferencias térmicas entre el microclima que crea esta especie y el del entorno impactado por el desbroce intencional que, previamente, se ha realizado.

Summary

In this study the daily dynamics of the thermal gradients was analyzed in the levels closest to the ground and the buffer effect produced by the intervention of *Cistus crispus* L., a species of medium size scrub which forms dome-like structures. It was compared with the neighbouring zones where scrub where cutting was carried out.

In order to detect the thermal impact which is produced between the space protected by *Cistus crispus* and the scrub-less area, sequential measurements were made daily during the summer with the aim of showing the effect of the maximum annual temperatures. To do so, multichannel thermoresistance systems were used, situated at different levels above and below the ground. This allows the detection of the thermal differences between the microclimate created by this species and that of the surrounding area affected since it has deliberately been cleared of *Cistus crispus*.

Introducción

De todos los factores medioambientales que intervienen en la dinámica de los ecosistemas, la radiación solar es el único al que se le puede considerar como primario (Crawford y Legget, 1957). Esta radiación, una vez filtrada por la atmósfera, impacta contra la superficie terrestre. Una cantidad limitada de ella es devuelta y la mayor parte se transforma en su mayor parte en calor, lo cual origina subidas de temperaturas en el suelo y fundamentalmente en las capas de la atmósfera inmediatamente en contacto con él (Slatyer, 1973).

La recepción de la radiación sobre cualquier punto de la Tierra no es constante y ello da lugar a ciclos periódicos a nivel diario y a nivel anual. Al ser cíclico el comportamiento de la radiación y la temperatura, una consecuencia de ella, también esta responde a esa dinámica de ciclos.

Tras la radiación, la temperatura, resulta ser el parámetro medioambiental que mayor influencia va a ejercer directamente sobre la distribución y el desarrollo de los organismos (Andrewartha, 1973). Las temperaturas que más directamente van a influir sobre los ecosistemas son precisamente las que se producen en las capas inferiores de la atmósfera. Así, Wang (1963) y Chang (1968), consideran que la temperatura del suelo es incluso más importante que la del aire, puesto que a ese nivel se desarrollan los procesos de germinación de las semillas, intervienen los microorganismos en la mineralización y se establecen las relaciones de absorción de agua y elementos por las plantas. Mientras, Shul'gin (1968) y Ouellet (1972) opinan que se hace precisa la consideración de la interfase aire-suelo, porque, en definitiva, en ese umbral se desarrollan todos los procesos de la vida.

Los valores de las temperaturas sobre un punto variarán no sólo en función de los ciclos anuales y diarios, sino que también responderán a las microvariaciones de su perfil vertical.

Bajo este punto de vista, en este trabajo se ha abordado el estudio de las variaciones de los perfiles de temperatura a nivel de la interfase aire-suelo en áreas influenciadas por *matorrales mediterráneos*.

Objetivos

En el presente trabajo, se ha perseguido un doble objetivo: por una parte, se estudia la dinámica de las temperaturas a nivel de la interfase aire-suelo, en el área de influencia de un pie de *Cistus crispus*, durante un ciclo diario en verano. Con ello, se trata de poner en evidencia las condiciones térmicas del perfil de esta especie ante las secuencias de máximas temperaturas anuales. Por otra parte, y de manera paralela, se ha establecido comparación del perfil con una zona adyacente previamente impactada por la corta intencional del matorral de *C. crispus* que anteriormente la cubría. Las diferencias que se detectan pueden ser útiles como una razón más que matice la trascendencia funcional del matorral y sir-

va de base para justificar su conservación y evaluación cuantitativa de las consecuencias del desbroce.

Material y método

El estudio se ha realizado durante la segunda semana de julio de 1988 en los alcornoques de Río Caya, término municipal de Badajoz y fronterizo con el municipio de Campo Maior de Portugal. La zona se encuentra repoblada con alcornoques (*Quercus suber*) de veinte años de edad, dispuestos regularmente y enclavado sobre suelos pardos mediterráneos formados en la cabeceira de un rañizo. El estrato arbustivo está constituido por *Cistus crispus*, *Ulex eriocladius*, *Cytisus scoparius*, *Daphne gnidium* y *Lavandula stoechas*.

Para llevar a cabo el estudio se ha seleccionado un individuo de *C. crispus* con cubierta estructurada en cúpula y cuyo vigor fuera representativo del promedio general de la población. Para su selección, se realizaron mediciones de alturas, coberturas lineales, diámetros de las cúpulas y extrapolación a volúmenes de otros ejemplares, determinándose finalmente las características del individuo tipo. Respecto a su posición, se exigió que el individuo seleccionado no se encontrara bajo la influencia de los alcornoques, aceptándose las consideraciones de Jansa (1985) respecto a que la distancia de separación de un objeto y un punto sobre el cual se desean realizar mediciones, resulta adecuada siempre que la distancia sea mayor que la altura de los obstáculos más cercanos. En este caso, la razón altura de los árboles/distancia al punto de medición coincidiría con la mínima exigida por la Organización Mundial de Meteorología (OMM) para situar representativamente las garitas meteorológicas, con la seguridad de que no interfieren los objetos del entorno.

Tras seleccionar el individuo, se procedió a la limpieza sistemática del matorral, en un radio de 4 a 5 metros del entorno de la planta, aplicándose para ello el sistema de corta con tijeras de jardinería, para evitar cualquier impacto posible al suelo. De esta manera, se ha obtenido una

zona o área protegida por la cobertura del ejemplar de *C. crispus* y otra que conscientemente ha sido impactada cortando y retirando el matorral existente.

Por tanto, dado que el objetivo básico perseguido en este trabajo, consiste en la demostración cuantitativa del impacto térmico que se produce entre ambas zonas durante la época del año en la que se alcanzan, también en los dos sitios, las máximas temperaturas, se han utilizado para su medición y valoración termómetros de termorresistencias atmosféricas y de penetración, con sistemas de multicanales.

Para sostener las sondas, se colocaron en cada zona unos pequeños soportes de hierros, sobre los cuales se instalaron paralelamente posibilitando sus permanencias fijas durante toda la experiencia.

Los niveles a los que se situaron las sondas son los siguientes (fig. 1):

Niveles atmosféricos:

- 1,00 m, que corresponde a un nivel bastante superior a la cúpula de hojas.

- 0,15 m que, corresponde a una altura inmersa entre la protección de la cubierta y el suelo.
- 0,00 m, que corresponde a la superficie del suelo.

Niveles edafológicos:

- 0,05 m de profundidad de suelo (suelo superficial).
- 0,20 m de profundidad del suelo (suelo profundo).

Las temperaturas se tomaron simultáneamente a cada hora en todos los niveles de ambas áreas.

Resultados y discusión

De las consecuencias de medidas de ambas zonas se obtienen los valores que aparecen en las tablas I y II, los cuales se representan gráficamente, comparándose los niveles atmosféricos por una parte (fig. 2) y los edafológicos por otra (fig. 3).

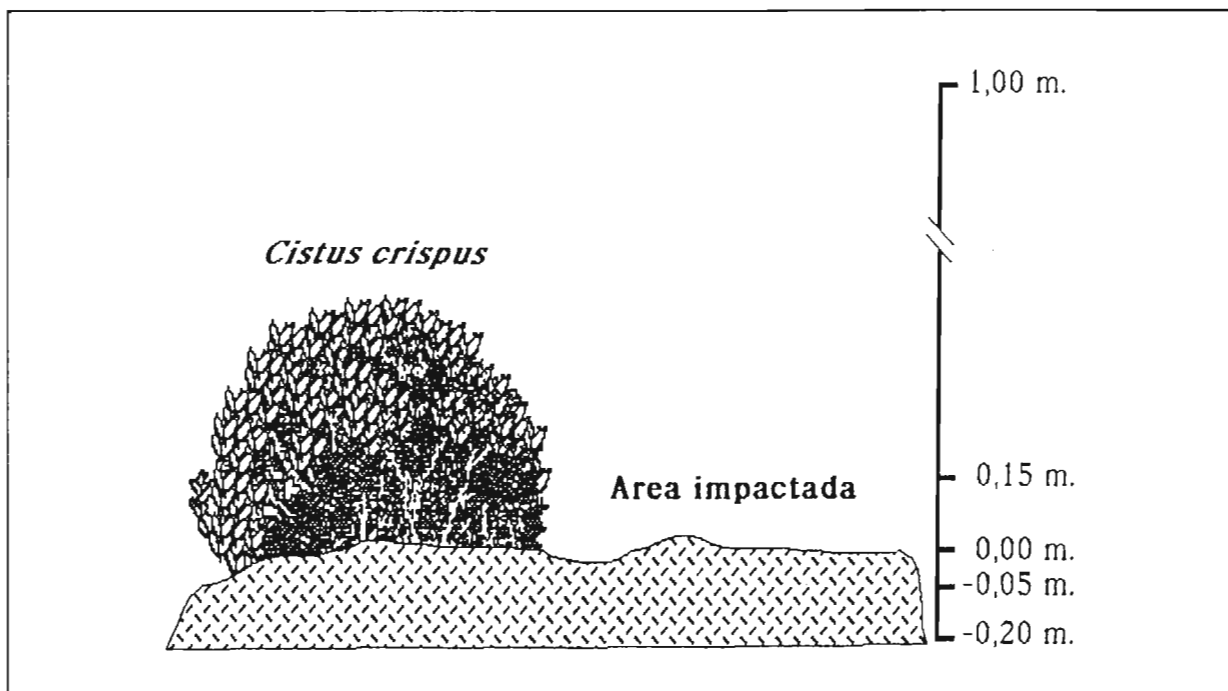


Figura 1.—Esquema de la disposición de las dos zonas muestreadas y de los niveles de alturas seleccionados para situar las sondas

TABLA I
COMPARACION DE LAS SECUENCIAS DE TEMPERATURA EN LA ZONA PROTEGIDA POR *C. CRISPUS* Y EN LA IMPACTADA, EN LOS CINCO NIVELES DE ALTURA (EN M) DE LAS MEDICIONES A LO LARGO DE LAS HORAS SOLARES

Hora solar	Area protegida por <i>C. crispus</i>					Area impactada				
	1,00	0,15	(altura) 0,00	-0,05	-0,20	1,00	0,15	(altura) 0,00	-0,05	-0,20
1	20,8	17,4	18,2	22,8	24,9	20,6	15,5	14,8	22,5	24,9
2	19,1	16,9	17,4	22,3	24,7	18,7	14,7	14,9	21,8	24,2
3	17,3	16,3	16,6	21,9	24,3	16,9	13,9	14,8	21,1	23,4
4	15,6	15,8	15,8	21,4	24,1	15,1	13,2	14,9	20,4	22,7
5	14,7	14,2	15,0	20,6	23,9	14,4	12,1	11,7	20,0	22,6
6	17,4	15,9	16,2	20,2	23,7	16,4	14,5	14,0	19,7	22,4
7	21,2	21,1	20,1	20,9	23,5	20,2	22,1	19,8	20,3	22,2
8	24,4	24,9	24,6	21,9	23,3	24,5	27,8	30,4	22,6	22,0
9	29,2	30,7	29,9	23,2	23,2	28,1	33,1	39,6	25,0	22,1
10	31,3	33,5	34,4	24,4	23,1	30,4	35,5	47,8	27,6	22,2
11	34,8	35,7	37,7	26,0	23,1	32,8	36,0	53,5	29,8	22,6
12	36,4	37,1	38,9	27,1	23,2	34,9	39,1	53,8	31,0	23,1
13	37,9	38,4	40,2	28,2	23,3	37,1	42,3	54,1	32,3	23,6
14	38,1	39,2	40,4	28,1	23,5	37,6	43,5	58,7	32,9	24,2
15	38,2	40,0	40,6	28,0	23,7	38,1	44,8	63,3	33,5	24,9
16	37,7	37,0	40,6	28,0	23,9	37,8	42,2	58,4	33,8	25,5
17	36,2	36,8	39,4	28,0	24,1	36,2	39,4	51,3	33,2	26,0
18	25,5	36,3	36,4	28,0	24,3	34,4	36,7	42,1	31,9	26,2
19	31,7	30,5	31,1	27,0	24,6	31,2	27,8	25,7	29,0	26,3
20	25,5	21,8	23,2	25,5	24,8	25,4	19,6	19,5	26,8	26,3
21	25,2	21,6	21,5	24,7	25,0	24,9	19,9	17,9	25,4	26,1
22	22,5	19,8	20,6	24,1	25,0	22,2	17,6	16,9	24,4	25,8
23	22,6	19,6	19,9	23,6	25,0	22,6	18,0	16,4	23,7	25,6
24	21,3	18,3	18,9	23,1	24,9	20,9	16,6	15,5	23,0	25,2

TABLA II
TEMPERATURAS MAXIMA. MINIMA Y AMPLITUDES TERMICAS (°C) DE CADA UNO DE LOS NIVELES DE ALTURA EN EL AREA PROTEGIDA Y EN LA IMPACTADA

Altura (m)	Area protegida por <i>Cistus crispus</i>		
	Máxima	Mínima	Amplitud
1,00	38,2	14,7	23,5
0,15	40,0	14,2	25,8
0,00	40,6	15,0	25,6
-0,05	28,2	20,2	8,0
-0,20	25,0	23,1	1,9
Area impactada			
1,00	38,1	14,4	23,7
0,15	44,8	12,1	32,7
0,00	63,3	11,7	51,6
-0,05	33,8	19,7	14,1
-0,20	26,3	22,0	4,3

Análisis de las curvas de los niveles atmosféricos

De la observación de la figura 2, se desprende que todas las gráficas adoptan forma de campana más o menos pronunciada, cuyos valores mínimos se alcanzan en todos los niveles a la misma hora, las 5 de la madrugada (hora solar), que corresponde a unos momentos ligeramente más tarde de la salida del sol y a partir de los cuales comienza a recibirse energía por radiación y que tras impactar contra el suelo se transforma por efecto de rerradiación y convección en fuente de suministro de calor continuo a las capas superiores del perfil y por conducción a las inferiores del suelo.

En el proceso de calentamiento de los niveles considerados, el sistema, prosigue su aumento hasta alcanzar también de manera general el

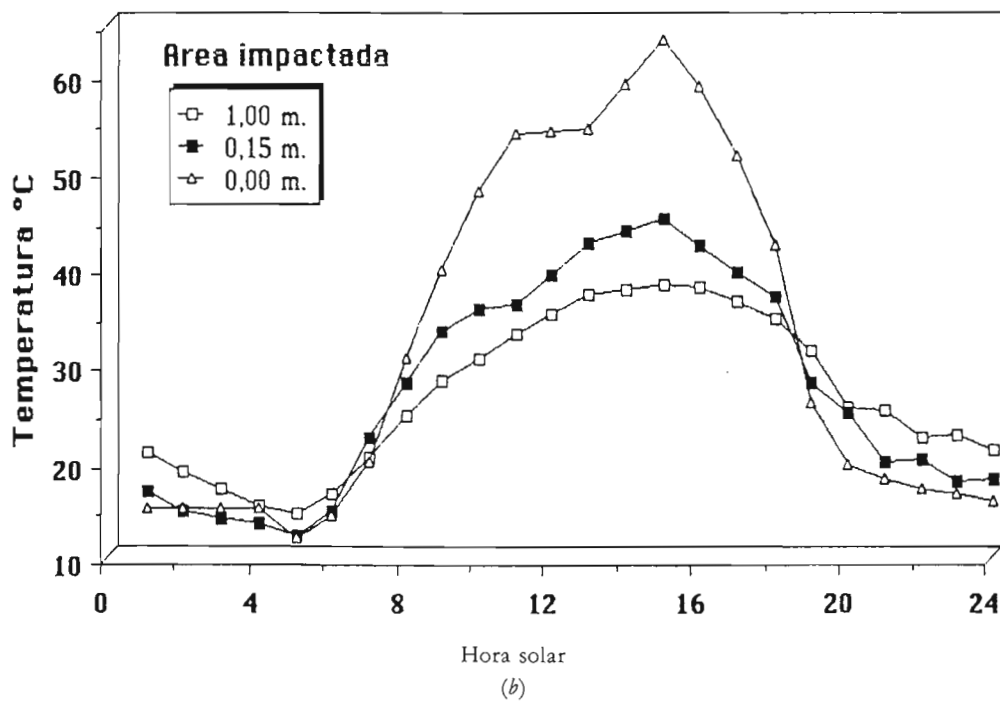
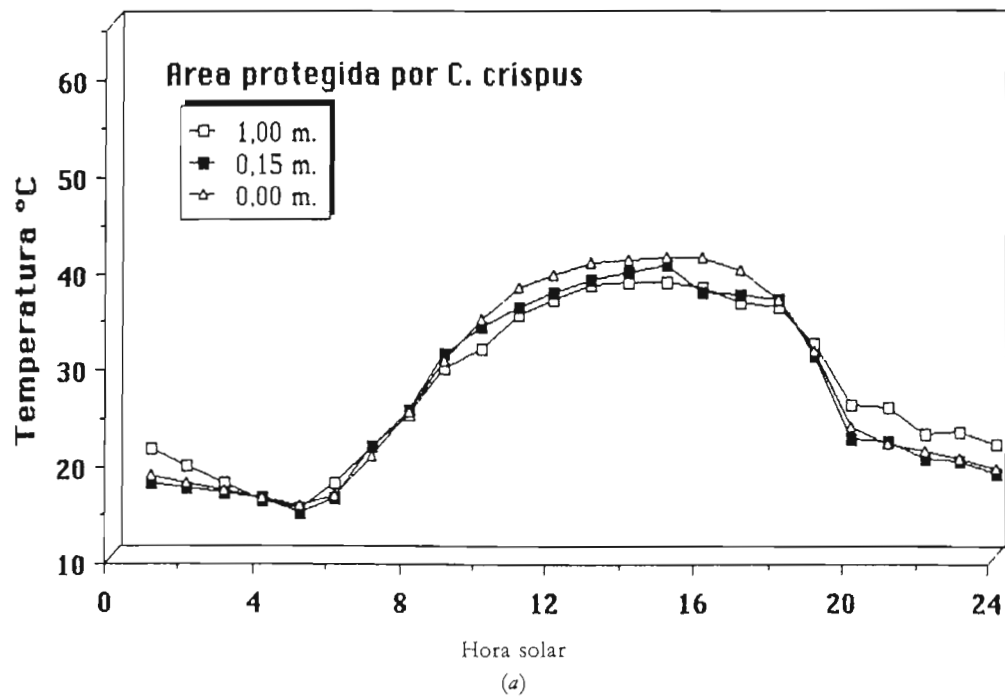


Figura 2.—Representación gráfica de las temperaturas (°C) de los tres niveles atmosféricos estudiados a lo largo del día: (a) en el área protegida y (b) en el área impactada

máximo en torno a las quince horas solares, que corresponden a unos momentos después de alcanzar al sol el ángulo sólido sobre el suelo. A partir de este momento y a pesar de que se continúa recibiendo energía, las temperaturas de los distintos niveles van disminuyendo, en una primera fase, con pendientes muy acusadas hasta las veinte horas, que coincide con el ocaso solar y, posteriormente, prosigue decreciendo aunque muy suavemente hasta alcanzar nuevamente las mínimas a las 5 de la madrugada.

El análisis de las curvas de temperaturas de los tres niveles atmosféricos en el área protegida por *C. crispus* (fig. 2a) pone de manifiesto que entre las tres curvas se producen muy pequeñas diferencias. Así, cuando se alcanzan las temperaturas más elevadas (a las 15 h.) se registran 40,6° C a nivel del suelo, 40° a 0,15 m y 38,2° a un metro. Durante la noche se detectan entre los niveles inferiores del suelo (0,00 y 0,15 m) inversiones térmicas (fig. 2a), aunque muy ligeras y que deben su existencia a la cubierta protectora de *C. crispus*. Por tanto, los cambios de temperatura en el perfil son muy suaves, condicionado por la pequeña talla de esta especie.

El hecho de que estas inversiones sean muy ligeras frente a las que detectan Ausenac y Parde (1969) y Parde (1978) en estructuras arbóreas, se deben a que en nuestro caso se ha trabajado con *C. crispus*, que al ser un matorral de poca talla y reducida cobertura foliar obliga a que todo el proceso se realice necesariamente a niveles muy próximos al suelo y a que bajo los árboles se facilita la aireación, lo cual no ocurre debajo de este arbusto. Es decir, *C. crispus* presenta frente a las estructuras arbóreas la ventaja de que actúa evitando que se produzcan grandes diferencias térmicas a lo largo de todo su perfil.

El análisis de las secuencias de temperaturas de los tres niveles atmosféricos en el área impactada (fig. 2b) pone de relieve amplias diferencias entre las tres curvas. De tal manera, que a las 15 h llegan a alcanzar los 63,3° C a nivel del suelo, frente a los 44,8° que se detectan 15 cm más arriba y los 38,1° a un metro del suelo. En lo

que respecta a las temperaturas más bajas, éstas se alcanzan a las 5 h, registrándose 11,7° C a nivel del suelo, 12,1° a 15 cm y 14,4° a un metro. Todo esto pone de manifiesto no sólo las diferencias de temperatura entre los que oscilan, sino además los distintos umbrales de temperatura entre los que oscilan cada una de ellas y la mayor evidencia de las inversiones térmicas.

Al considerar las amplitudes térmicas entre ambas áreas (tabla II), se pone de relieve que en los niveles superiores (1,00 m) —ya por encima del matorral en ambos casos y, por tanto, sin protección de la cubierta de hoja— las diferencias térmicas entre ambas áreas es prácticamente nula.

Mientras que a 0,15 m —ya bajo la protección de *C. crispus* en un caso y sin ella en la zona impactada— las temperaturas mínimas de ambas áreas son muy reducidas, 2,1° C (12,1° y 14,2° C), pero comenzando a ser considerables entre las máximas, 4,8° C (40° y 44,8° C), traduciéndose todo ello en una variación entre las amplitudes térmicas de ambas superficies de 6,9° C (25,8° y 32,7° C), lo cual comienza a ser apreciable.

A nivel del suelo la situación se hace extrema y varía entre 63,3° C en la zona impactada y 40,6° en la protegida, lo cual implica que existe una diferencia de 22,7° C entre una y otra. Y a nivel de mínimas de 11,7° C en el área impactada y 15° en la protegida por *C. crispus* que corresponde a 3,3° C de diferencia y significa a las horas de máxima temperatura se producen 22,7° C más en la zona impactada que en la protegida, y a nivel de mínimos 3,3° menos en el área impactada que en la protegida. Es decir, en el área impactada las temperaturas altas son más elevadas y las bajas más frías.

Comparando las amplitudes térmicas totales, se ponen de relieve las diferencias de los 25,6° C entre los que varían las temperaturas de la zona protegida por *C. crispus* y los 51,6° entre los que varían las temperaturas del área impactada.

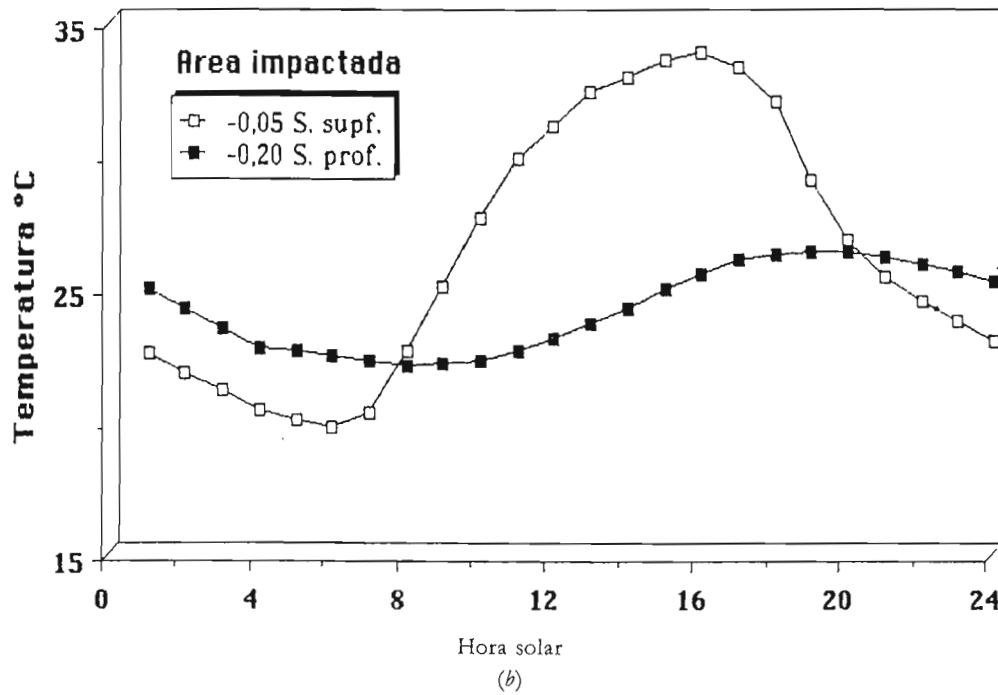
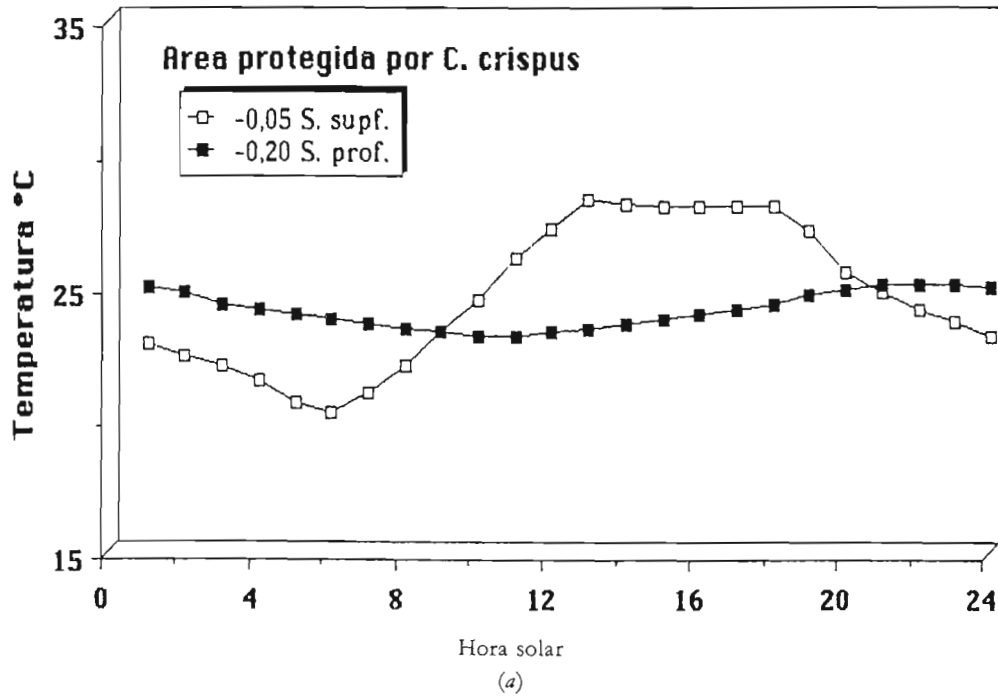


Figura 3.—Representación gráfica de las temperaturas (°C) de los dos niveles del suelo (superficial y profundo) estudiados a lo largo del día (24 h): (a) en el área protegida y (b) en el área impactada

Análisis de las curvas de los niveles edafológicos

El análisis de las secuencias de temperaturas en los niveles del suelo de 0,05 m (superficial) y 0,20 m (profundo), muestra (fig. 3) que en la zona protegida por *C. crispus* las temperaturas que se alcanzan a nivel superficial son siempre más suaves que las encontradas bajo la zona impactada.

Al analizar las mínimas de los niveles superficiales de ambas zonas, se detecta que éstas se alcanzan a las seis de la madrugada, frente a las mínimas de los niveles atmosféricos que se alcanzan antes. Esto se debe a que aun cuando el ambiente comience a calentarse por el efecto de la convección en las capas bajas, la mayor lentitud del proceso de conducción a través del suelo da lugar a este retraso.

Las temperaturas mínimas que se alcanzan en el nivel superficial son de 20,2° C bajo la protección foliar y de 19,7° en la zona desprovista de cubierta, lo cual significa que las diferencias que se producen no son importantes al menos biológicamente. Las máximas, en cambio, alcanzan 28,2° C bajo *C. crispus* frente a 22,8° en la zona impactada, cuya diferencia es de 5,6°, que corresponde a un incremento relevante de temperaturas.

Entre los datos de los niveles profundos, se detectan menores diferencias entre el área protegida y la impactada, esto es normal, puesto que a medida que se va profundizando el efecto térmico del exterior queda más amortiguado. En este nivel las mínimas son de 22° C, que se alcanzan a las 8 h de la mañana en la zona desprovista de cubierta y de 23,1° una hora más tarde en el área cubierta por el matorral. Este efecto corresponde, igualmente, a una amortiguación de las temperaturas críticas como consecuencia de la filtración térmica que realiza *C. crispus*.

Las temperaturas máximas sufren también variaciones, aunque muy ligeras. En el área impactada se cuantifican 26,3° C a las 20 h, mientras que bajo *C. crispus* se detectan sólo 25° una hora más tarde.

El examen del comportamiento conjunto de las dos curvas de temperaturas de cada área, muestra que bajo *C. crispus* se produce una amplitud térmica diaria de 8° C en superficie y 0,9° en profundidad, frente a los 14,1° y 4,3° C, respectivamente, que se detectan en la zona impactada.

El análisis conjunto del perfil térmico de ambas áreas pone en evidencia la existencia de largas inversiones térmicas que se prolongan durante doce horas, coincidentes con la noche.

Comparación de la interfase atmósfera-suelo

Al comparar las amplitudes térmicas de las temperaturas que se detectan en las sondas situadas al nivel atmosférico más bajo (0,00 m) y al más superficial de los enterrados (—0,05 m) se pone de manifiesto la acción amortiguadora del suelo en la conducción térmica.

Así, el análisis de las máximas en el área protegida por *C. crispus* varían entre 40,6° C a nivel del suelo y 28,2° a 5 cm de profundidad, lo que significa que se amortigua en 12,4° C la temperatura del suelo en tan estrecha capa. Pero si se considera la zona desprotegida, las diferencias son mucho más elocuentes, ya que varían de 63,3° C a nivel superficial a 33,8° a 5 cm de profundidad, lo que significa que se produce, en tan estrecha distancia, una amortiguación equivalente a 29,5° C.

Al considerar las mínimas, los efectos son claramente más suaves aunque opuestos, ya que ahora es el suelo el que conserva las temperaturas. Las diferencias que se producen bajo *C. crispus* varían entre 15° C a nivel del suelo y 20,2° a 5 cm de profundidad, lo cual significa que el suelo permanece con 5,2° más que la superficie y en la zona desprotegida varía entre 11,7° C en superficie y 19,7° a 5 cm de profundidad, correspondiendo un incremento de 8° C.

Las amplitudes térmicas son las más elocuentes, así en la zona protegida varían entre 25,6° C a nivel del suelo —valor sensiblemente muy

alto— y 8° a 5 cm de profundidad. Mientras, en la zona desprotegida a nivel del suelo la amplitud es de 51,6° C —que prácticamente imposibilita el desarrollo de los organismos dificultando nuevas colonizaciones y por tanto tendiendo hacia la desertización y 14° a nivel de 5 cm que ponen de manifiesto una cierta relevancia y que, por tanto, refuerza los argumentos hacia las tendencias a la desertización como consecuencias de la destrucción de los matorrales.

Conclusiones

La presencia de *C. crispus* en particular y del matorral en general, resulta enormemente eficaz en su acción de filtro de las temperaturas del perfil, tanto a nivel atmosférico como a nivel edafológico, logrando por una parte, uniformizar las temperaturas de los distintos niveles y por otra parte, amortiguar sensiblemente los valores extremos.

El impacto que origina la corta de *C. crispus* a nivel del suelo resulta especialmente relevante, puesto que al evitarse su acción de filtro y de sombra facilitan el que se alcancen en verano temperaturas superiores a 60° C y amplitudes superiores a 50°, que corresponden a un umbral enormemente exagerado para un período de veinticuatro horas. Esto, necesariamente debe representar una fuerte barrera térmica que puede hacer inviable la existencia de muchos animales y plantas y originar serios retrocesos en los procesos de evolución de los suelos.

La supresión por corta del matorral de *C. crispus*, si bien no destruye directamente la estruc-

tura del suelo, establece claras diferenciaciones térmicas entre todos los niveles del perfil y facilita la consecución de temperatura extremas exageradas que impiden el desarrollo de plántulas y microorganismos encaminando el sistema hacia la desertización.

Bibliografía

- ANDREWARTHA, H. H. (1973): *introducción al estudio de las poblaciones animales*. Ed. Alhambra, Madrid, pp. 101-118.
- AUSSENAC, G.-PARDE, J. (1969): «Forests et climats», *B.T.I. du Ministère de l'Agriculture*, 237. París, pp. 93-103.
- CRAWFORD, C. B.-LEGGET, R. F. (1957): «Ground temperature investigations in Canada», *Engng. J.*, 40, pp. 1-3.
- CHANG, J. H. (1968): *Climate and agriculture*. Aladine Publishing Co., Chicago, 304 pp.
- JANSA, J. M. (1985): *Manual del observador de Meteorología*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 432 pp.
- OUELLET, C. E. (1972): «Analysis of the annual cycles of soil and air temperatures in Canada», *Naturaliste Can.*, 99, pp. 621-634.
- PARDE, J. (1978): «El microclima del bosque», en P. Pesson, *Ecología forestal*. Ed. Mundi-prensa, Madrid, pp. 29-46.
- SHULGIN, A. M.: *The temperature regimes of soil*. Translation from russian by A. Gourevitch. Israel Program for Scientific Translation Ltd., Silvan Press, Jerusalén, 261 p.
- SLATYER, R. O. (1973): *Energy flow in the biosphere. The impact of man*. Proceeding of the Linnean Society of New South Wales, vol. 97, part. 3., pp. 225-236.
- WANG, J. Y. (1963): *Agricultural meteorology*. Pacemaker Press, Milwaukee, Wisconsin, 693 pp.