

# REDUCCIÓN DE LA BIOMASA DEL PINO CARRASCO (*PINUS HALEPENSIS*) EN UN ÁREA DEL SURESTE SEMIÁRIDO PENINSULAR COMO ESTRATEGIA PARA EVITAR EL ESTRÉS HÍDRICO

*Francisco Belmonte Serrato,  
Francisco López Bermúdez y Asunción Romero Díaz*  
Universidad de Murcia

## RESUMEN

En las épocas de fuertes sequías, la vegetación mediterránea sufre un estado de estrés hídrico prolongado que le obliga a adoptar diversas estrategias de supervivencia, entre las que figuran, como último recurso, y antes de llegar a superar su capacidad de resiliencia, la reducción de la biomasa de hojas.

En este trabajo se pone de manifiesto como algunos ejemplares de *Pinus halepensis* existentes en el área de estudio (el campo experimental de El Ardal, Murcia), redujeron apreciablemente su biomasa aérea en respuesta a la sequía, que se manifestó en un importante aumento de la producción de hojarasca.

La producción de hojarasca se relaciona además de con la precipitación registrada en el periodo de estudio, con la humedad del suelo, parámetro clave en la supervivencia de la vegetación en ambientes secos.

**Palabras clave:** Vegetación mediterránea, sequía, estrés hídrico, biomasa, producción de hojarasca.

## ABSTRACT

In the periods of strong droughts the Mediterranean vegetation suffers a situation of water long stress which forces the vegetation to adopt diverse survival strategies, figuring as last resource, and before to get to exceed its resilience capacity, reduction of the leaves' biomass.

---

Fecha de recepción: 12 de julio de 2007. Fecha de aceptación: 6 de mayo de 2008.

\* Dpto. de Geografía. Campus de la Merced. Universidad de Murcia. 30001 Murcia. Tel: 968 36 31 73, fax: 968 36 34 17, E-mail: franbel@um.es

In this work some specimens of *Pinus halepensis* existing in the study area (the experimental field of El Ardal, Murcia) are shown, the above-ground biomass was valuably reduced in response to the drought, which was revealed in an important increase of litter production.

The litter production relates besides to the rainfall registered in the study period, with the soil moisture, which is a key parameter in the vegetation survival in dry environments.

**Key words:** Mediterranean vegetation, drought, water stress, biomass, litter production.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El agua es el factor más importante para la actividad de las plantas en ecosistemas mediterráneos (Blondel y Aronson, 1999). La falta de agua genera una tensión o estrés que actúa sobre las plantas produciendo dos tipos de respuestas: las que tienden a evitar o prevenir la tensión (mecanismos o estrategias evitadoras) y las que persiguen la adaptación o resistencia al estrés (mecanismos tolerantes). Otro tipo de estrategia, no considerada por muchos autores como de auténtica resistencia al déficit hídrico, es la estrategia elusiva o de escape de la sequía (Valladares *et al.*, 2004).

Cada especie adopta estrategias diferentes para afrontar las situaciones de estrés hídrico (Larcher, 1995). En la estrategia evitadora las plantas previenen o minimizan los efectos del estrés en sus tejidos (muy sensibles a la deshidratación), bien maximizando la absorción de agua (sistemas radiculares profundos) o minimizando las pérdidas (cierre de estomas rápido y sensible a ligeros descensos del contenido hídrico de los tejidos o al potencial hídrico, valores en general bajos de conductancia estomática, hojas pequeñas, bajas tasas de transpiración, etc. (Valladares *et al.*, 2004).

Por tanto, dentro de esta estrategia pueden diferenciarse dos mecanismos evitadores: uno por «derroche» de agua, el de las especies que maximizan la absorción de agua (Valladares *et al.*, 2004), y en este grupo se podría incluir al *Pinus halepensis* (pino carrasco) que posee un sistema radicular profundo que le permite mantener hidratados los tejidos en plena sequía siempre que el acceso al agua del suelo y su distribución interna por el xilema no sea limitante, y otro por «ahorro» de agua. Ambos mecanismos mantienen a la plantas dentro del estado de turgor, con potenciales hídricos relativamente altos. Sin embargo, cuando las condiciones de déficit hídrico se acentúan, las especies derrochadoras no tienen más remedio que volverse ahorradoras (pediendo parte de su biomasa de hojas, por ejemplo) o morir (Kozłowski *et al.* 1991).

Es difícil determinar el momento en que una planta empieza a tener problemas de absorción de agua por las raíces y se ve obligada a reducir su biomasa de hojas. También es difícil saber dónde está límite de intensidad de sequía que puede soportar una especie en concreto. Es decir, cual es su límite de resiliencia o capacidad para recuperarse de la perturbación que supone un déficit hídrico inesperado. Un método que puede permitir delimitar esa frontera, es el seguimiento de la producción mensual de hojarasca.

Durante el período 1990-1995, se llevó a cabo en el campo experimental de El Ardal, el seguimiento de la producción mensual de hojarasca en varias especies del matorral y

en pino carrasco con el objetivo de hacer un seguimiento del crecimiento y producción primaria del matorral de la zona y su relación con algunos factores ambientales (Martínez Fernández, *et al.*, 1994; Belmonte Serrato *et al.* 1998).

Los primeros años de este período (1992 y 1993) fueron años normales, e incluso húmedos, desde el punto de vista de la precipitación con relación a la media en el área (260 mm). Los valores en esos años fueron 334,6 mm y 265,8 mm, pero 1994 y 1995 fueron años extremadamente secos (188,8 mm y 110,6 mm, respectivamente), afectando a amplios sectores del territorio peninsular. Aquí se trata de poner de manifiesto que el seguimiento de la producción mensual de hojarasca puede ayudar a determinar el momento en que las especies «derrochadoras» se ven obligadas a perder parte de su biomasa ante la intensidad de una sequía. Para ello se presentan los resultados del seguimiento de la producción mensual de hojarasca en pino carrasco llevado a cabo en el periodo 92-95.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en el campo experimental de «El Ardal» Cuenca de Mula (Murcia) (López Bermúdez, *et al.* 1998). El área se encuentra a 550 m de altitud y pertenece al piso bioclimático mesomediterráneo semiárido (Figura 1) y corológicamente



FIGURA 1

Vista parcial del campo experimental de El Ardal (Cuenca de Mula Murcia).

se encuadra en la provincia biogeográfica Castellano-Maestrazgo-Manchega, sector Manchego, subsector Manchego-Espunense (Sánchez Gómez *et al.*, 1998). Aunque muy próxima al límite que separa esta provincia biogeográfica de la Murciano-Almeriense. La media de precipitación anual es inferior a 300 mm con acusadas variaciones mensuales e interanuales (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996), y la temperatura media anual es de 14.5 °C. La formación vegetal predominante es el matorral (romeral), acompañado de otras especies como *Thymus zigis*, *Sideritis s. icana*, *Teucrium, s. gracilum*, *Fumana thymifolia*, *Rhamnus lycioides*, *Heliantermun cinereum*, *Cistus clusi*, *Artemisia Tenacísima*, y *Brachypodiun retusum*; también algunas especies anuales como *Erygium campestris*, o *Euphorbia nicaensis*. Es muy abundante la presencia de enebro (*Juniperus oxycedrus*) y pino carrasco (*Pinus halepensis*). De forma aislada aparecen ejemplares de esparto (*Stipa Tenacísima*)

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Precipitación y humedad del suelo

Los datos de precipitación proceden de la estación meteorológica automática situada en el campo experimental que entró en funcionamiento a finales de 1989. La humedad media mensual es el resultado de dos medidas mensuales tomadas en la primera y segunda quincena de cada mes, mediante el método gravimétrico, consistente en el cálculo de la humedad por diferencia de peso entre el suelo húmedo y el suelo después de secado en estufa a 105 °C durante 24 horas (Belmonte Serrato *et al.* 1998).

#### 3.2. Producción mensual de hojarasca

La recogida de hojarasca se realizó mediante «cajas de hojarasca» de 50X50 cm y 30 cm de altura, con base y paredes tapizadas por una malla de plástico de 2 mm de luz, y con posiciones fijas. El número de cajas de muestreo en pino carrasco fue de cinco, cada una de las cuales se encontraba situada bajo un ejemplar distinto. La recogida de hojarasca se realizó con periodicidad mensual, con la ayuda de un aspirador portátil. Las pequeñas piedras y el suelo arrastrado junto con la hojarasca, obligaba a someter las muestras a un lavado previo antes de su secado en estufa a 80 °C durante 24 horas, para obtener el peso seco en gramos/m<sup>2</sup>/mes (Martínez Fernández, *et al.* 1994).

La constatación de la pérdida de biomasa de hojas por efecto de la sequía, deriva de la comparación entre la producción mensual media de los dos años anteriores al periodo seco (1992 y 1993) y la media de los años 1994 y 1995.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. La precipitación

La precipitación media anual en el campo experimental de El Ardal asciende a unos 260 mm, aunque en un análisis de correlación de la serie conjunta de datos entre esta

estación y la vecina estación del embalse de La Cierva, este valor podría ser incluso algo más bajo (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996). Teniendo en cuenta este dato, puede considerarse normal la precipitación de los años 1992 y 1993 (334,6 y 265,8 mm respectivamente) y del mismo modo pueden considerarse como años secos, e incluso muy secos, 1994 (188,8 mm) un 30% inferior a la media y, sobre todo 1995 (110,6 mm), casi un 60% inferior a la media (Tabla 1). De este modo, la media de precipitación en el bienio «normal» (92-93) asciende a 300 mm, mientras que la del bienio de sequía apenas alcanza los 150 mm (un 50% inferior a la del bienio normal y más de un 40% inferior a la media)

Aún así, y desde el punto de vista de este estudio, lo importante son las diferencias de precipitación estacional, sobre todo de invierno y primavera, donde se produjeron las mayores diferencias de precipitación. De este modo, la precipitación media de invierno en el bienio seco (22,2 mm) fue un 80% inferior a la del bienio normal y la de primavera (36,7 mm) lo fue en un 70% inferior.

TABLA I  
Precipitación mensual y estacional y media mensual y estacional  
en los periodos normal y seco. (mm)

Meses	1992	1993	1994	1995	92-93	94-95
enero	10,6	0,6	3	0	5,6	1,5
febrero	74,2	89,8	6	1,2	82	3,6
marzo	14,6	30,8	9,8	24,4	22,7	17,1
abril	7,8	6,2	54,6	2	7	28,3
mayo	58,2	36,8	2	0,2	47,5	1,1
junio	105	28,6	1	13,6	66,8	7,3
julio	0	6,6	2,6	0	3,3	1,3
agosto	0	1,8	2,2	28,2	0,9	15,2
septiembre	0	8,4	0,6	4,6	4,2	2,6
octubre	21,6	27,2	81,2	12,2	24,4	46,7
noviembre	22	1	16	2,8	11,5	9,4
diciembre	20,6	28	9,8	21,4	24,3	15,6
<b>AÑO</b>	<b>334,6</b>	<b>265,8</b>	<b>188,8</b>	<b>110,6</b>	<b>300,2</b>	<b>149,7</b>
<b>Estacional</b>						
Invierno	99,4	121,2	18,8	25,6	110,3	22,2
Primavera	171	71,6	57,6	15,8	121,3	36,7
Verano	0	16,8	5,4	32,8	8,4	19,1
Otoño	64,2	56,2	107	36,4	60,2	71,7

Esta sequía que, fundamentalmente, afectó al primer semestre de los años 94 y 95 (Figura 2) ocasionó un enorme déficit hídrico en el peor momento (por lo menos el de menos frecuencia de sequía) en cuanto a las necesidades hídricas de la vegetación mediterránea. Especialmente dramático fue el periodo comprendido entre noviembre de 1994 y julio de 1995 en el que se registró una precipitación total de 67,2 mm, un 72% inferior a la registrada en el mismo periodo que el bienio anterior donde se registraron 242 mm.

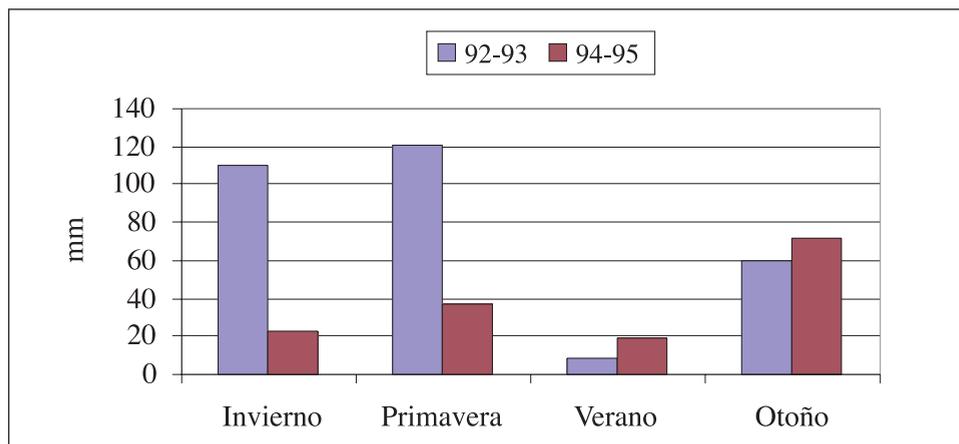


FIGURA 2

Precipitaciones medias estacionales en el bienio normal (92-93) y seco (94-95).

#### 4.2. La humedad del suelo

La escasez de precipitaciones en las estaciones invernal y primaveral del bienio seco, quedó manifiesta en los valores de humedad media mensual y estacional (tabla 2). Así, mientras que para el invierno y la primavera la humedad media del bienio normal fue de 21,3% y 17,8%, en el bienio seco, en esas mismas estaciones la humedad media se redujo a 13,4% y 9,6% (valores de humedad un 37% y un 46% inferiores a los del bienio normal) (Figura 3). Muy seco fue el mes de mayo, donde la humedad media del bienio seco fue de un 9,2%, es decir, un 57% inferior a la humedad media del mismo mes en el bienio húmedo, y sobre todo el periodo de febrero a noviembre de 1995, con valores de humedad media mensual propios de la estación estival.

#### 4.3. Producción mensual de hojarasca

Con este panorama de extraordinaria reducción de los recursos hídricos, apreciable ya desde enero de 1994, el pino carrasco exprimió hasta donde pudo su capacidad de absorción de agua a través de su aparato radicular pero, finalmente, se vio forzado a adoptar una estrategia ahorradora reduciendo considerablemente su biomasa de hojas.

TABLA 2  
 Humedad del suelo media mensual y estacional de los periodos normal y seco.  
 Valores en tanto por ciento de agua sobre el peso seco.

Meses	1992	1993	1994	1995	92-93	94-95
enero	20,6	16,7	17,8	13	18,7	15,4
febrero	21,4	22,2	11,8	9,1	21,8	10,5
marzo	24,8	22,3	13,9	15	23,6	14,5
abril	16,2	15,6	16,4	9,7	15,9	13,1
mayo	25,8	17,2	12,1	6,3	21,5	9,2
junio	18,6	13,3	5,5	7,4	16,0	6,5
julio	9,7	6,2	4,3	4,1	8,0	4,2
agosto	5,8	5,6	4,2	5,2	5,7	4,7
septiembre	6	4,6	4,2	5,8	5,3	5,0
octubre	13,4	12,9	21,6	9	13,2	15,3
noviembre	13,3	17,9	19,7	6,8	15,6	13,3
diciembre	10,4	22,3	19,7	15,1	16,4	17,4
<b>AÑO</b>	<b>15,5</b>	<b>14,7</b>	<b>12,6</b>	<b>8,9</b>	<b>15,1</b>	<b>10,7</b>
<b>Estacional</b>						
Invierno	22,3	20,4	14,6	12,4	21,3	13,4
Primavera	20,3	15,4	11,3	7,8	17,8	9,6
Verano	7,2	4,2	4,2	6,2	6,3	4,6
Otoño	12,4	16,3	20,4	10,3	15	15,3

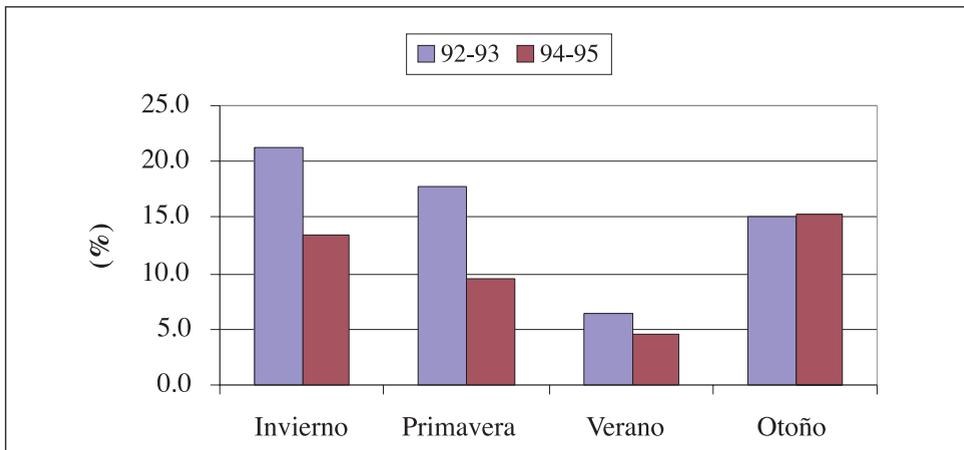


FIGURA 3  
 Valores medios estacionales de humedad del suelo en porcentaje sobre el peso seco de los bienes normal (92-93) y seco (94-95).

Los valores de producción mensual de hojarasca indican claramente la adopción de esta estrategia. Durante 1992 y 1993 el pico de máxima producción se centró en agosto, con un pico secundario en julio y otro algo más bajo en septiembre. Estos picos de máxima producción en los meses habitualmente más secos de las regiones afectadas por clima mediterráneo, responden a la estrategia habitual de la vegetación mediterránea de reducir su biomasa en el periodo estival. La suma de producción media en estos años normales para los meses de julio, agosto y septiembre fue de 116 g/m<sup>2</sup>, que equivale al 59% de la producción anual, que ascendió en ese bienio a poco más de 197 g/m<sup>2</sup>.

TABLA 3  
Producción media mensual y estacional de hojarasca (gramos/m<sup>2</sup>).

Meses	1992	1993	1994	1995	92-93	94-95
enero	2.54	1.72	13.46	6.22	2.1	9.8
febrero	3.06	20.8	2.78	3.84	11.9	3.3
marzo	8	3.9	1.88	3.1	6.0	2.5
abril	5.44	31.9	8.8	3.34	18.7	6.1
mayo	5.86	8.22	47.72	64.94	7.0	56.3
junio	10.13	14.92	77.56	67.1	12.5	72.3
julio	40.48	32.6	74.84	48.14	36.5	61.5
agosto	56.6	59.66	24.32	20.96	58.1	22.6
septiembre	20.86	21.96	10.58	8.16	21.4	9.4
octubre	14.14	3.86	5.08	4.4	9.0	4.7
noviembre	16.78	3.14	2.4	2.8	10.0	2.6
diciembre	6.74	1.5	2.78	3.82	4.1	3.3
<b>AÑO</b>	<b>190.6</b>	<b>204.2</b>	<b>272.2</b>	<b>236.8</b>	<b>197.4</b>	<b>254.5</b>
<b>Estacional</b>						
Invierno	13.6	26.42	18.12	13.16	20.0	15.6
Primavera	21.43	55.04	134.08	135.38	38.2	134.7
Verano	117.94	114.22	109.74	77.26	116.1	93.5
Otoño	37.66	8.5	10.26	11.02	23.1	10.6

Sin embargo, en el bienio seco, el periodo de máxima producción comienza en mayo, reflejando la escasez de recursos hídricos durante los meses invernales como ponen de manifiesto los bajos porcentajes de humedad en el suelo, y se prolonga hasta agosto, siendo en este caso junio el mes con mayor producción, seguido de julio y mayo. En conjunto, en este periodo de cuatro meses, la suma de la producción media ascendió a 212 g/m<sup>2</sup>, el 83% de la producción anual media de ese bienio, pero sobre todo una producción que es un 83% superior a la del bienio anterior.

En cualquier caso, la fuerte reducción de la biomasa de hojas como estrategia de respuesta a la sequía, queda patente considerando la producción estacional, y en concreto la producción del periodo estival normalmente abundante, como consecuencia de la sequía

veraniega y la del resto del año. Así, mientras que la producción estival es muy similar en ambos bienios (116 y 94 g/m<sup>2</sup>), la producción del resto del año se duplica en el bienio seco (161 g/m<sup>2</sup> frente a 81 g/m<sup>2</sup>). Esta producción se corresponde en su mayor parte a la primavera, que pasa de una producción normal de 38 g/m<sup>2</sup> a 135 g/m<sup>2</sup> (Figura 4), es decir, en la primavera del bienio seco, la pérdida de biomasa de hojas es un 355 % superior a la del bienio normal, alcanzando el 68 % de la producción total del bienio normal, lo que pone de manifiesto la obligatoria adopción de la estrategia de ahorro del pino carrasco para amortiguar los efectos del considerable estrés hídrico a que se vio sometido.

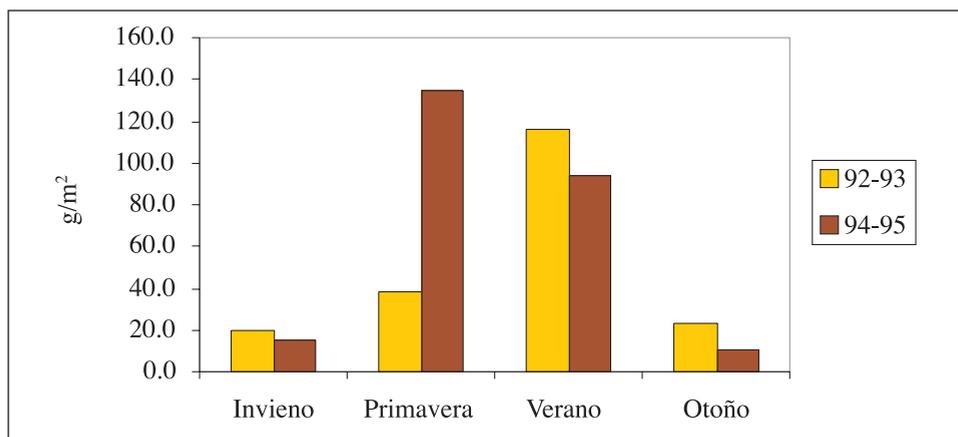


FIGURA 4  
Producción estacional media de hojarasca durante el bienio normal (92-93) y el seco (94-95).

## 5. CONCLUSIONES

La precipitación media anual del periodo seco 1994-95 se redujo en un 40% respecto a la media en el área de El Ardal y en un 50% respecto a la del bienio anterior, provocando la irrupción de un periodo de sequía que afectó a gran parte de la península Ibérica y que convirtió a 1995 con 110.6 mm, en uno de los años más secos de todo el periodo histórico de observaciones.

Con esta situación la humedad del suelo durante el invierno de 1994-1995 y la primavera de este último año, cayó hasta valores propios del periodo estival (>10%), prolongándose la sequedad hasta el mes de noviembre de 1995.

Estas condiciones de acusado déficit hídrico, llevaron al pino carrasco a la ampliación del intervalo temporal de su estrategia evitadora del estrés hídrico estival, trasladando el inicio de la pérdida abundante de biomasa a mayo, ocasionando, en consecuencia, una primavera extraordinariamente productiva, con una producción de 134.7 g/m<sup>2</sup> que multiplicaba por 3,5 la de la primavera del bienio normal y manteniendo una producción normal en verano, que llevó a este bienio seco a una producción un 30% superior a la media del bienio anterior.

Se comprueba, por tanto, que en condiciones de sequía, desplazada fuera de su periodo habitual de verano, algunas especies mediterráneas, y en este caso el pino carrasco, poseen mecanismos de respuesta inmediata y son capaces de trasladar las medidas habituales de ahorro hídrico ante la sequía de verano, a otros meses del año cuando la situación lo requiere.

Esto implica que esta especie, es capaz de fluctuar entre límites muy amplios en respuesta a una perturbación limitante como un déficit hídrico inesperado. Es decir, posee una gran capacidad de resiliencia, que la convierte en un especie perfectamente adaptada a los medios semiáridos mediterráneos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto RESEL-LUCDEME financiado por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza). Ministerio de Medio Ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELMONTE SERRATO, F. Y ROMERO DÍAZ, A. (1996). Aproximación a las características climáticas de el área de influencia del campo experimental de «El Ardal» (Murcia). La representatividad de las series climáticas disponibles. *Papeles de Geografía*, 23-24: 47-61.
- BELMONTE SERRATO, F. ROMERO DÍAZ, A. Y LÓPEZ BERMÚDEZ, (1998). Producción de hojarasca en especies de matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *Nimbus*, 1-2, 5-16.
- BOLNDEL, J. Y ARONSON, J. (1999): *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford University Press, New York.
- KOZLOWSKI, T. T., KRAMER, P. J. Y PALLARDY, S.G. (1991). *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press. Toronto.
- LARCHER, W. (1995). *Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F., ROMERO DÍAZ, A. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1998). El Ardal, Murcia, Spain. En: P. Mairota, J.B. Thornes y N. Geeson (Rds.). *Atlas of Mediterranean Environments in Europe. The Desertification Context*. Jhon Wiley & Sons. 114-118.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julia, MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, José, LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y BELMONTE SERRATO, F. (1994). Crecimiento y producción primaria de *Rosmarinus officinalis* en relación con algunos factores ambientales. *Ecología*, 8, 177-183.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, P. (Coor.) (1998). *Flora de Murcia. Claves de identificación e iconografía de plantas vasculares*. Ed. Diego Marín. Murcia, 378 pp.
- VALLADARES, F., VILAGROSA, A., PEÑUELAS, J., OGAYA, R., CAMARERO, J. J., CORCUERA, L., SISÓ, S. Y GIL-PELEGRÍN, E. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 163-190. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.