

**BIOMASA E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* L.  
EN MATORRAL SEMIARIDO (Cuenca de Mula, Murcia)****Martínez Fernández, Julia\***; **Martínez Fernández, José\*\***; **Romero Díaz M.A.\*\***; **López Bermúdez, F.\*\***; **Belmonte Serrato, F\*\***.

Recibido: 28 diciembre 1993

Aceptado: 25 mayo 1995

**SUMMARY****Above ground biomass and leaf area index of *Rosmarinus officinalis* L. in a semir-arid scrub.**

Several parameters (above ground biomass and Leaf Area Index) of *Rosmarinus officinalis* L., one of the most representative species of the Mediterranean matorral, has been studied in the El Ardal Experimental Field, under the MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) project, from the European Community. Allometric relationships between above-ground biomass and biovolume, which have been used to estimate average biomass in the matorral. Leaf Area Index has been calculated using leaf weight/leaf area and leaf weight/total weight relationships. Results show values (836.2 g.m<sup>-2</sup> of biomass) far from the general range reported in othe semi-arid Mediterranean scrublands, what might be partially explained by the existence of hydric compensation mechanisms.

**Key Words:** *Rosmarinus officinalis* L., above-ground biomass, Leaf Area Index, semi-arid environment.

**RESUMEN**

Se han estudiado diversos parámetros (biomasa e índice de área foliar) de *Rosmarinus officinalis* L., una de las especies más representativas del matorral mediterráneo, en el Campo Experimental de El Ardal (Cuenca de Mula, Murcia) dentro del marco del Proyecto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use), de la Comunidad Europea. Se han establecido relaciones alométricas entre la biomasa y el biovolumen que, posteriormente, han sido utilizadas en la estimación de la biomasa media del matorral. Se ha calculado el índice foliar a partir de las relaciones peso/área foliar y peso foliar/peso total. Los resultados (836.2 g.m<sup>-2</sup> de biomasa) muestran valores alejados del rango general aportado para otros matorrales semiáridos, hecho que podría estar parcialmente explicado por la existencia de diversos mecanismos de compensación hídrica.

**Palabras clave:** *Rosmarinus officinalis* L., biomasa, índice de área foliar, ambiente semiárido.

\* Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia.

\*\* Area de Geografía Física. Universidad de Murcia.

## INTRODUCCION

La biomasa y el índice de área foliar son dos parámetros estructurales fundamentales, en la descripción del estado de la cubierta vegetal en relación con los principales factores limitantes, especialmente la disponibilidad hídrica. Aunque ya se dispone de una aceptable información acerca de la composición, distribución y cobertura vegetal de buena parte del matorral mediterráneo (MARGARIS & MOONEY, 1981), escasean los datos relativos a su estructura y funcionamiento (KUMMEROW, 1989). Esta información es esencial para el diseño y validación en modelos y balances de tipo general, así como en estudios aplicados, por ejemplo, a la evaluación de la potencialidad de los matorrales mediterráneos para diversos usos y aprovechamientos: pastoreo, recolección de plantas aromáticas, revegetación de suelos erosionados, etc.

El estudio de parámetros estructurales, de este tipo, responde a la necesidad de obtener dicha información como base para alguna de las finalidades expuestas. En este trabajo, el objetivo fundamental es proporcionar una base sólida a diversos modelos, fundamentalmente de balance y redistribución de los recursos hídricos a escala de ladera, así como de las respuestas del suelo en términos de producción de sedimentos y escorrentía. El estudio se inscribe en el marco del Proyecto MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use), de la Comisión de las Comunidades Europeas, en el que se realizan diversos trabajos de investigación en torno a las respuestas del sistema suelo-planta-atmósfera a los factores ambientales y de uso del suelo en el campo experimental de El Ardal (Cuenca de Mula, Murcia) (LÓPEZ BERMÚDEZ et al. 1991a; LÓPEZ BERMÚDEZ et al. 1991b).

Como parte del proyecto general, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de la biomasa y del índice foliar de *Rosmarinus officinalis* L., la especie más representativa y

que es responsable de la estructura general de la comunidad.

## AREA DE ESTUDIO

El campo experimental de El Ardal (LÓPEZ BERMÚDEZ et al. 1991a) (Figura 1) se halla a 550 m de altitud sobre la ladera norte de un modesto relieve anticlinal constituido por calizas y conglomerados en la parte más elevada, y materiales cuaternarios en el fondo del valle. La mitad superior de la ladera está cubierta por matorral mediterráneo en el que domina *Rosmarinus officinalis* L. Otras especies presentes son *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Thymus vulgaris*, *Cistus clusii* y *Helianthemum viscarium*, entre las que destacan bosquetes abiertos de *Pinus halepensis*. Las condiciones climáticas son de tipo semiárido mediterráneo, con una precipitación media anual de 320 mm, y una temperatura media de 14,5°C. Otras características de interés son la alta insolación (2870 horas de sol anuales) y radiación (28500 w.m<sup>-2</sup>), que originan una elevada evapotranspiración potencial, que está en torno a 1100-1200 mm.año<sup>-1</sup>. Los suelos son Calcisoles Pétricos (FAO-ISRIC, 1989) y poseen escaso desarrollo.

La estimación de la biomasa y del índice foliar de *R. officinalis* se ha llevado a cabo en dos áreas con diferente posición en el matorral que cubre la ladera, cuya longitud es de unos 200 m: el Area I, situada en la parte baja (550 m de altitud) coincidiendo con una ruptura de pendiente, y el Area II, situada en la parte alta (600 m de altitud), donde los afloramientos rocosos generan unas condiciones hídricas en el suelo menos favorables debido a la menor cantidad de suelo existente. La cubierta vegetal total de estas dos áreas presenta algunas diferencias en composición y en porcentaje total de cobertura, siendo menor en el Area II. En ambas, *R. officinalis* es la especie con mayor presencia, aunque su cobertura en el Area II es menor (Tabla 1).

## METODOLOGIA

### Biomasa

La metodología empleada responde a la necesidad de evaluar la biomasa con métodos no destructivos, de modo que no se introdujeran perturbaciones y permitiera el uso posterior de las parcelas del campo experimental.

Existe una amplia variedad de métodos no destructivos, necesariamente indirectos, para la estimación de la biomasa (ETIENNE, 1989). Dichos métodos incluyen la búsqueda de relaciones alométricas de diversos parámetros fácilmente medibles con la biomasa. En este caso se han establecido relaciones alométricas entre la biomasa en peso seco y el biovolumen, a partir de 45 ejemplares seleccionados al azar fuera de las áreas de estudio debido a la metodología de carácter destructivo, de los que 25 ya habían sido estudiados en un trabajo precedente (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ et al. 1991).

Una vez obtenida la regresión definitiva, se midió el biovolumen de todos los ejemplares de *Rosmarinus officinalis* L. presentes en 16 parcelas de 4 m<sup>2</sup> situadas en las Areas I y II. Las parcelas se dispusieron de modo sistemático por toda la superficie de ambas áreas. A partir de las relaciones alométricas establecidas, se estimó la biomasa total de *R. officinalis* en cada parcela de 4 m<sup>2</sup>. Se aplicó el test de Wilk-Shapiro para el estudio de la normalidad de las muestras. Otros datos obtenidos del muestreo fueron densidad (número de ejemplares por metro cuadrado) y peso medio de los individuos. Finalmente, se midió el biovolumen de todos los ejemplares de *R. officinalis* presentes en 12 parcelas de control de la erosión y la escorrentía (6 de 2x8 m y 6 de 2x10 m), distribuidas por todo el campo experimental (LÓPEZ BERMÚDEZ et al. 1991b).

### Índice de área foliar

La estimación no destructiva del índice

foliar, a través de instrumentos de intercepción óptica, sigue siendo problemática, fundamentalmente porque el diseño de los mismos no está adaptado a las características de la vegetación del matorral esclerófilo. En particular, se han realizado experiencias con el equipo DEMON (CSIRO, Camberra), que estima el índice foliar a partir de la transmitancia de la luz solar a través de la cubierta vegetal a diferentes ángulos zenitales solares. Los primeros resultados, poco alentadores, no parecen indicar una buena adecuación entre el modelo utilizado por dicho aparato, desarrollado a partir de experiencias con cubiertas arbóreas y herbáceas muy continuas y uniformes, que no presentan ni las adaptaciones xeromórficas, ni la arquitectura general y características foliares del matorral mediterráneo. Por ello se ha recurrido a métodos destructivos basados en el cálculo de la superficie de hojas y en el establecimiento de relaciones superficie/peso foliar.

En primer lugar se recogieron muestras de hojas frescas de *R. officinalis* y se llevaron al laboratorio para medir su superficie, con el fin de minimizar los cambios morfológicos por pérdida de agua. Con ayuda de un *scanner* (modelo Hewlett Packard Scanjet IIC) se calculó la superficie proyectada sobre el plano, en centímetros cuadrados, de 27 muestras conteniendo un número variable de hojas (entre 15 y 20).

Por otro lado, se calculó mediante planimetría la superficie total en algunas muestras de hojas (basada en el perímetro), con ayuda de una lupa binocular y el *scanner*. Con ello se obtuvo la relación superficie proyectada/superficie total. A partir del peso seco de las muestras se estableció la relación superficie/peso foliar.

Por último, se recogieron 20 ejemplares de *R. officinalis* para establecer la relación, referida a la parte aérea, entre el peso seco foliar y el peso total. Con la ayuda de estas relaciones y la biomasa de cada parcela, se estimó el valor medio del índice de área foliar para las Areas I y II.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Biomasa

La tabla 2 expone los resultados de las regresiones R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> para la relación peso seco y biovolumen. El análisis de la relación peso seco/biovolumen de los 20 nuevos ejemplares ha puesto de manifiesto su constancia. La regresión R<sub>1</sub> no solo resulta altamente significativa, sino que además los parámetros de ésta última prácticamente no varían al incluir los 45 ejemplares (regresión R<sub>2</sub>), por lo que puede considerarse una aproximación bastante aceptable para la estimación no destructiva de la biomasa.

La ecuación de regresión R<sub>2</sub>, incluyendo a los 45 ejemplares, se aplicó a los datos de biovolumen de un total de 87 ejemplares obtenidos en las parcelas de 4 m<sup>2</sup>. Se han obtenido unos valores medios de biomasa de 836.2 y 266.4 g.m<sup>-2</sup> en las Areas I y II, respectivamente. Las diferencias podrían explicarse por una mayor disponibilidad hídrica en la parte baja de la ladera y, por tanto, una mayor densidad y porte de los individuos (Tabla 1). Estos valores se pueden considerar suficientemente representativos y poco sesgados para ambas áreas (valores del test de Wilk-Shapiro, de normalidad de las muestras, de 0.944 y 0.973, para las Areas I y II, respectivamente).

Los valores hallados, sobre todo los del Area I, teniendo en cuenta que se refieren exclusivamente a la biomasa de *R. officinalis*, se alejan bastante de los aportados para la biomasa total de comunidades semiáridas, como las estepas arbustivas de la ALE Reserve (Benton County, Washington Sur-Central), (RICKARD & VAUGHAN, 1988), que presentan una biomasa cercana a los 300 g.m<sup>-2</sup>. En general, se encuentran por encima del rango de biomasa de otros matorrales semiáridos, como los presentes en Doñana (Huelva), donde la biomasa total, incluyendo todas las especies, no supera los 489 g.m<sup>-2</sup> (MERINO et al. 1990). Otros

datos aportados para el interior de la Región de Murcia se sitúan entre 400 y 687 g.m<sup>-2</sup> (FRANCIS & THORNES, 1990), valores que entran dentro del rango general encontrado para comunidades semiáridas.

La biomasa aérea de *R. officinalis* en El Ardal (551.3 g.m<sup>-2</sup>) se encuentra más próxima a la encontrada en otras áreas mediterráneas con mayor precipitación, como la depresión de la Violada (Huesca), cuya precipitación media anual se sitúa en torno a los 500 mm, y para la que se aportan valores en torno a 650-750 g.m<sup>-2</sup> (GONZÁLEZ HIDALGO, 1993). Este hecho podría explicarse por la existencia de diversos factores de compensación hídrica como la exposición Norte, alta capacidad de infiltración y retención hídrica de los suelos en el segmento inferior de la ladera (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ et al. 1993a) y aportes procedentes de nieblas, relativamente frecuentes en este territorio del interior de la Región de Murcia.

El peso medio de los individuos (Tabla 1) se sitúa entre 410.9 y 275 g en las Areas I y II, respectivamente. La distribución por tamaños de los ejemplares se halla bastante sesgada hacia las clases inferiores, que corresponderían a edades más jóvenes, lo que podría indicar un adecuado ritmo de regeneración de la población. No obstante, se observan discontinuidades en la distribución de tamaños (Figura 2), lo que podría apuntar a la hipótesis de la existencia de discontinuidades generacionales, probablemente relacionadas con la variabilidad interanual de la disponibilidad hídrica. Otros indicios, como la relación observada entre la floración y humedad edáfica (obs. pers.), se sitúan en la misma dirección, si bien es necesario continuar las investigaciones para comprobar dicha hipótesis.

### Índice de área foliar

Se ha obtenido un buen ajuste lineal entre la superficie proyectada y el peso foliar ( $r^2_{ajust}=0.94$ ;  $p<0.0001$ ;  $F=453.97$ ; **Area** =  $-0.263 + 51.058$  **Peso**), lo que permite acepta-

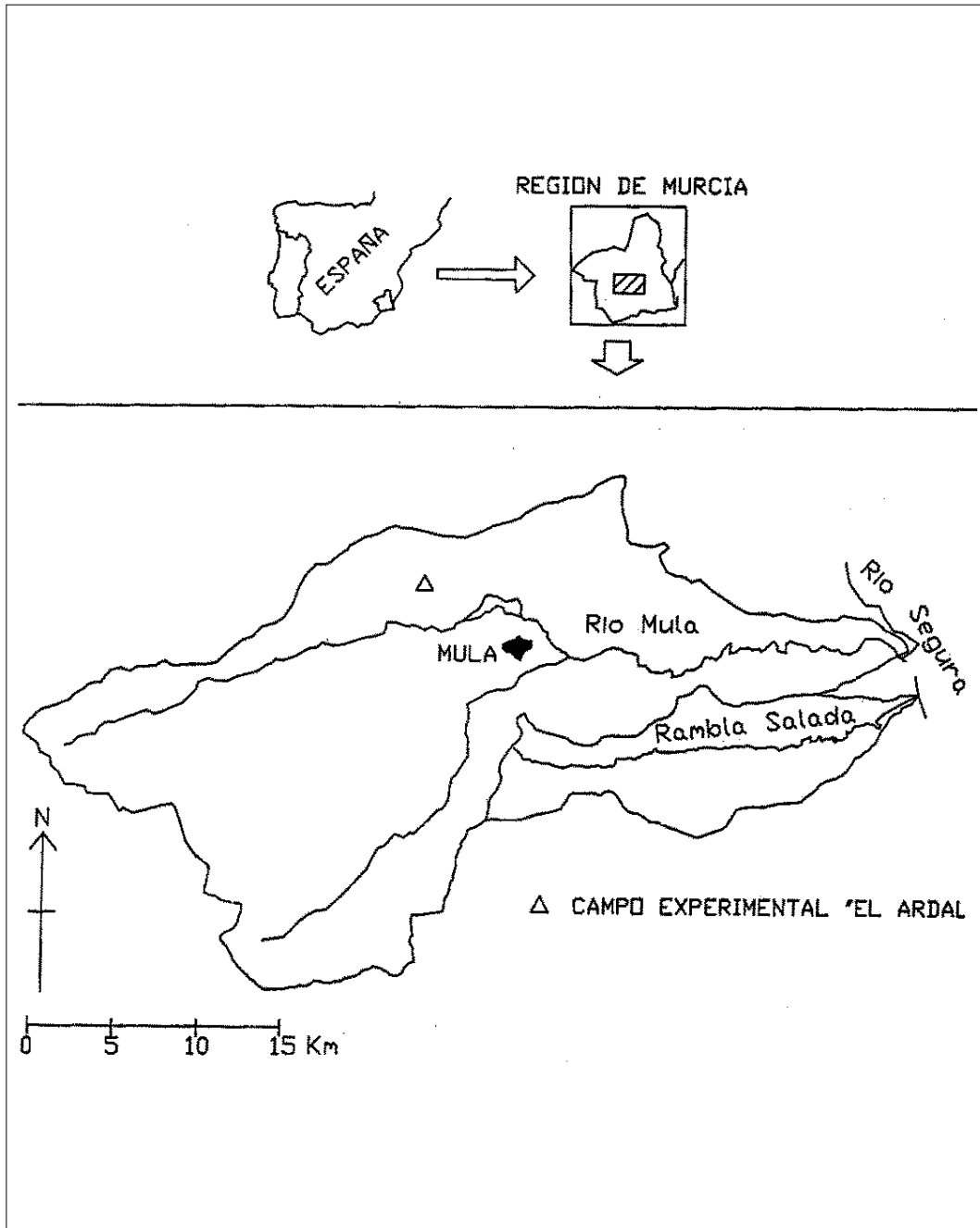
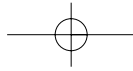
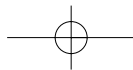
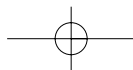


FIGURA 1. Localización del Campo Experimental de El Ardal.  
FIGURE 1. Geographical location of the Ardal experimental field.

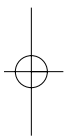




**TABLA 1**  
**COBERTURA, BIOMASA E INDICE FOLIAR DE *R. OFFICINALIS* L.**

VARIABLE	AREA I	AREA II	VALOR MEDIO
COB. TOTAL	55.6	38.9	47.2
COB. <i>R. off.</i>	31.0	25.0	28.0
BIOMASA	836.2	266.4	551.3
DENSIDAD	2.0	1.0	1.5
PESO IND.	410.9	275.0	342.9
IAFp	0.9	0.4	0.7
IAFt	2.7	1.3	2.0

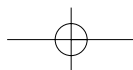
**Tabla 1:** Cob = cobertura (%); Biomasa ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ); densidad ( $\text{n}^{\circ}$  ejemplares. $\text{m}^{-2}$ ); Peso ind = biomasa media de los ejemplares (g); IAFp = índice foliar (área proyectada); IAFt = índice foliar (área total).



**TABLA 2**  
**COMPARACION DE LOS PARAMETROS DE LAS**  
**REGRESIONES BIOMASA/BIOVOLUMEN**

PARAMETRO	REGRESION R <sub>1</sub>	REGRESION R <sub>2</sub>
n	20	45
k	23.75	23.91
b	0.0045	0.0043
r <sup>2</sup> <sub>ajust</sub>	0.91	0.92
F	191.67	516.71
p	< 0.0001	< 0.0001

**TABLA 2:** Regresión R<sub>1</sub> = ejemplares nuevo muestreo; Regresión R<sub>2</sub> = todos los ejemplares; k = constante del modelo; b = coeficiente del biovolumen; F,p = significación estadística.



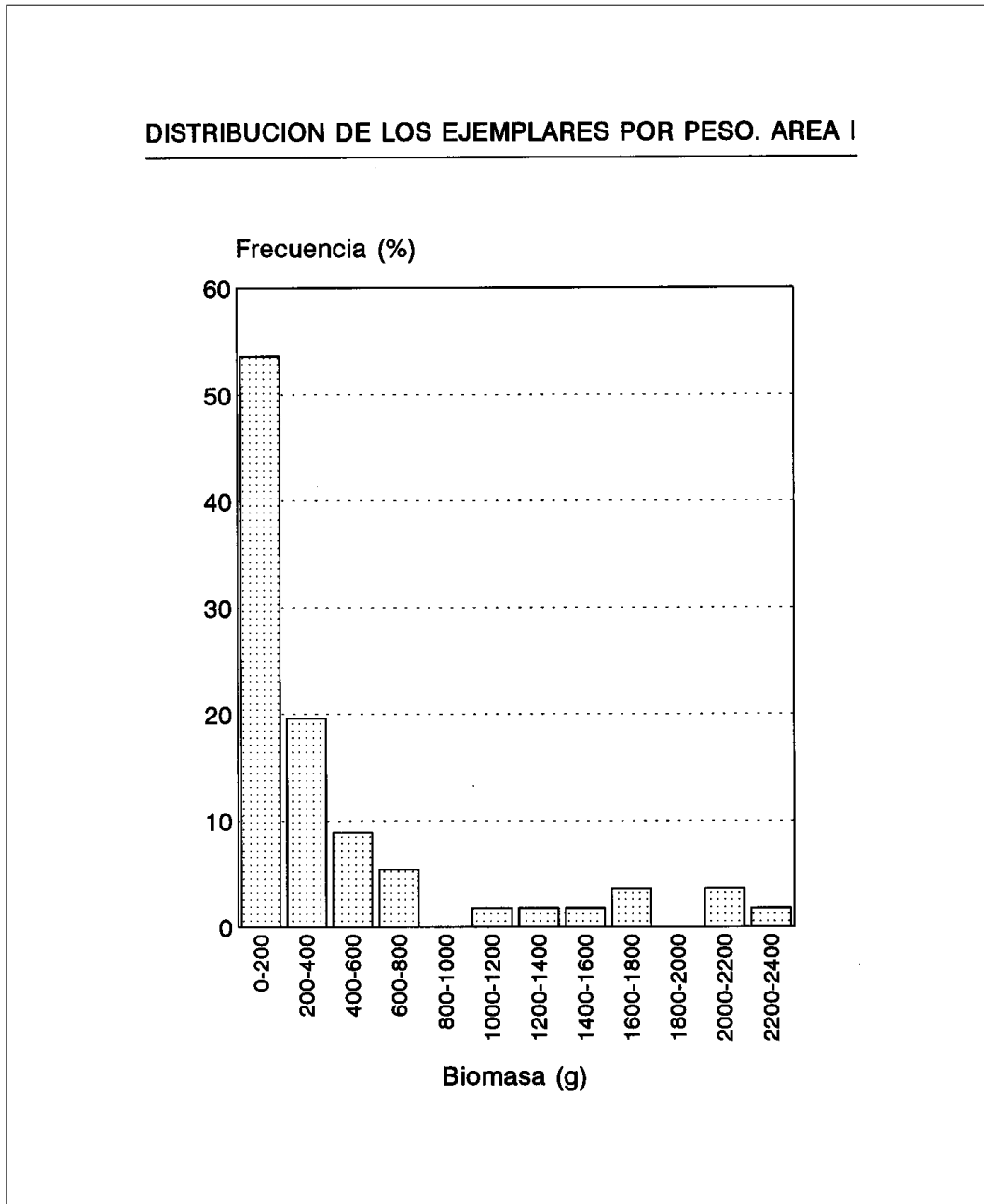
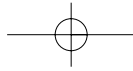
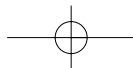


FIGURA 2. Porcentaje de individuos por clase según su peso (g).  
FIGURE 2. Percentage of individuals belonging to each weight class.ield.



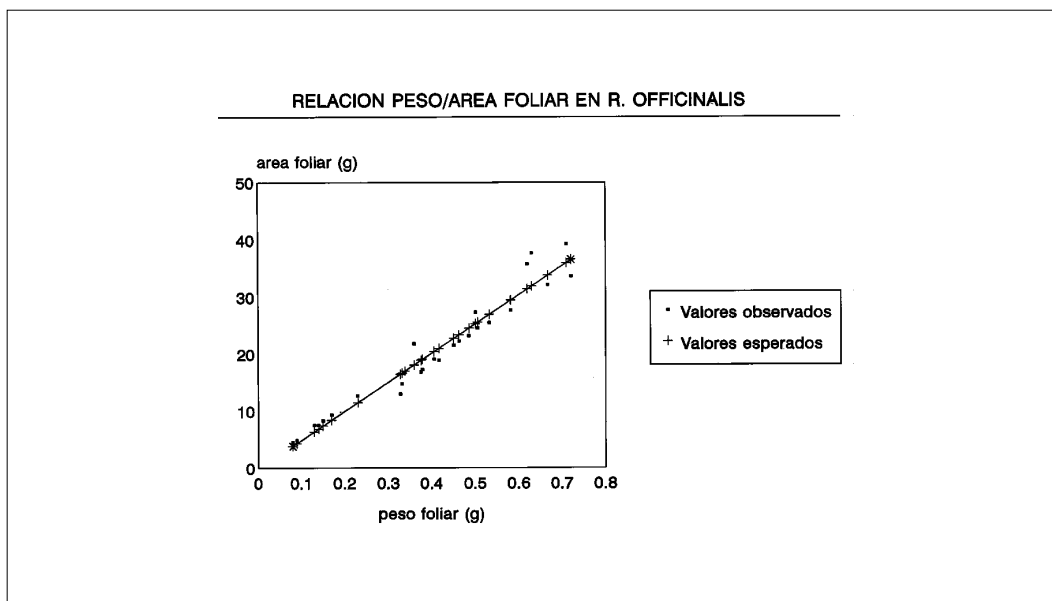
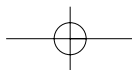


FIGURA 3. Regresión lineal entre área y peso de las hojas. ( $r^2_{ajust}=0.94$ ;  $p<0.0001$ ).  
FIGURE 3. Linear regression between leaf area and weight. ( $r^2_{ajust}=0.94$ ;  $p<0.0001$ ).

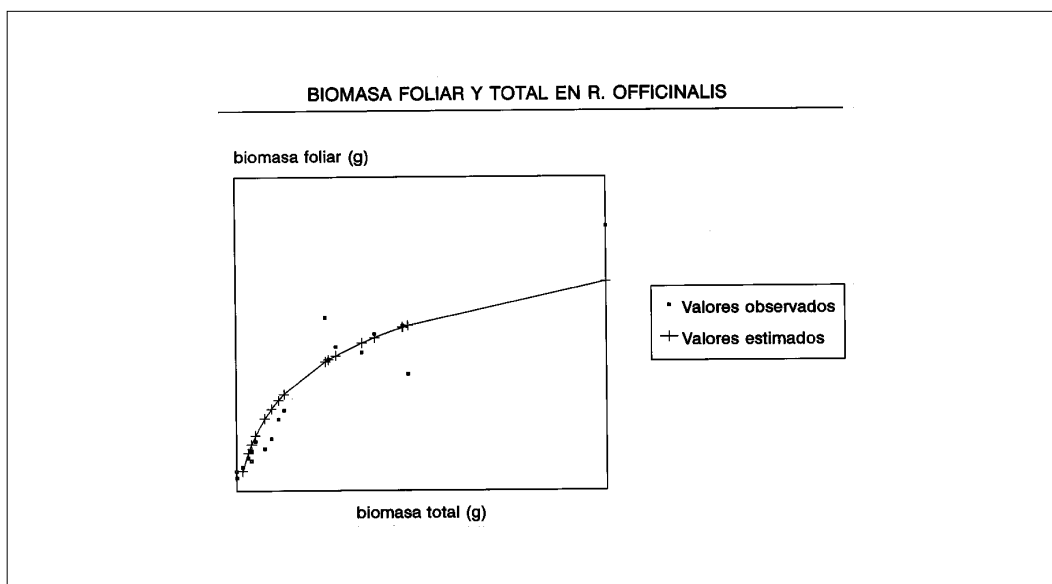
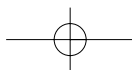


FIGURA 4. Regresión logarítmica entre peso foliar y peso total. ( $r^2_{ajust}=0.86$ ;  $p<0.0001$ ).  
FIGURE 4. Logarithmic regression between leaf weight and total weight. ( $r^2_{ajust}=0.86$ ;  $p<0.0001$ ).





bles estimaciones del área foliar a partir de la biomasa (Figura 3). La superficie total, tomando en consideración todo el contorno de la hoja, es unas 2.8 veces mayor que la proyectada. Si bien la superficie proyectada tiene mayor utilidad a efectos comparativos con otros trabajos, se ha creído conveniente calcular también la superficie real, por su mayor relación con procesos tales como la capacidad de interceptación de la lluvia, en estudio también en el campo experimental de El Ardal.

En la figura 4 se observa la relación existente entre los pesos foliar y total de los 20 ejemplares analizados. El mejor ajuste entre el peso foliar y la biomasa total es de tipo logarítmico ( $r^2_{ajust}=0.86$ ;  $p<0.0001$ ;  $F=119.93$ ; **Biomasa foliar** =  $-410.537 + 94.812 \text{ Ln Biomasa total}$ ), lo que concuerda con la hipótesis general de reducción de la biomasa asimiladora conforme aumenta la edad de los individuos, si se atribuye mayor edad a los individuos de mayor tamaño. Sin embargo, se han hallado también buenos ajustes lineales entre ambas variables ( $r^2_{ajust}=0.84$ ;  $p<0.0001$ ;  $F=100.43$ ; **Biomasa foliar** =  $45.86 + 0.168 \text{ Biomasa total}$ ).

La escasa diferencia de significación estadística entre ambos modelos supone una aceptable linealidad de la relación entre el peso foliar y el tamaño total de los ejemplares, de modo que se puede afirmar que el peso foliar disminuye muy poco conforme aumenta el tamaño de los individuos. Además, la proporción media peso foliar/peso total es de 0.31, moderadamente alta en comparación con la hallada en otros matorrales semiáridos que se encuentran en fase madura, como en Doñana, donde dicha proporción es de 0.17 (MERINO & MARTÍN, 1981).

Esta constatación probablemente esté indicando que la mayoría de los individuos de *R. officinalis* L. de El Ardal se encuentran en una fase activa de asimilación y crecimiento. La distribución por tamaños obtenida en el análisis de la biomasa corrobora lo anterior. La información disponible acerca de la producción pri-

maria neta (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ et al. 1993b) apoya también dicha hipótesis. En ello podrían estar implicados factores de perturbación como el pastoreo, existente en grado apreciable hasta que se inició el presente estudio y que habría impedido la maduración de la comunidad, contribuyendo a generar estructuras rejuvenecidas.

A partir de las relaciones anteriores y de los valores medios de biomasa de las Areas I y II se han calculado los respectivos valores de índice de área foliar, resultando 0.9 y 0.4 en superficie proyectada y 2.7 y 1.3 en superficie real (Tabla 1). Estos valores pueden considerarse similares a los comunicados para otros matorrales mediterráneos.

## CONCLUSIONES

Las relaciones alométricas entre biomasa y biovolumen presentan una validez estadística aceptable y han demostrado su utilidad para la estimación de parámetros relacionados con la biomasa, como es el índice de área foliar.

Los valores de biomasa de *R. officinalis* L. en El Ardal se encuentran lejos del rango general de otras comunidades semiáridas, lo que sugiere la existencia de mecanismos de compensación hídrica, entre los que cabría citar la exposición en umbría, y, en consecuencia, la menor insolación y evapotranspiración, y otros aportes como las nieblas y las buenas condiciones hídricas del suelo.

La relación peso foliar/peso total y la estructura de tamaños de la población muestreada, entre otras características, sugieren que la comunidad de *R. officinalis* L. se encuentra en una fase activa de crecimiento, lejos del estadio maduro. Factores de perturbación tales como el pastoreo podrían estar implicados en el mantenimiento de una estructura rejuvenecida.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado como parte del proyecto de Investigación MEDALUS

(Mediterranean Desertification and Land Use). MEDALUS fue fundado por la CE bajo su Programa Ambiental sobre Clima y Riesgos Naturales (EPOCH), Contrato nº EPOC-CT90-0014-(SMA), su ayuda es altamente agradecida.

## REFERENCIAS

- ETIENNE, M. (1989). Non destructive methods for evaluating shrub biomass: a review. *Acta Oecologica*. 10. 2. 115-128
- FAO-ISRIC (1989). *Soil Map of the World*. ISRIC. Wageningen. 137 pp.
- FRANCIS. C.F.; THORNES, J.B. (1990). Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types. *Vegetation and Erosion. Processes and Environments*. (J.B. Thornes Ed.) Bristol. 363-384.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J.C. (1992). *Pautas espaciales de la erosión hídrica en el semiárido aragonés. Exposición topográfica y factores de cubierta vegetal. Factores de erosión*. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Tesis Doctoral.
- KUMMEROW, J. (1989). Structural aspects of shrubs in Mediterranean-type plant communities. *Options Méditerranéennes*. 3. 5-11.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, M.A.; MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J. (1991a). Soil erosion in a semi-arid Mediterranean environment. El Ardal Experimental Field (Murcia, Spain). *Soil Erosion Studies in Spain*. (M. Sala, J.L. Rubio, J.M. García Ruiz, Eds.). Geoforma Ediciones. Logroño. 137-152.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ALIAS PÉREZ, L.J.; MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; ROMERO DÍAZ, M.A.; MARÍN SANLEANDRO, P. (1991b). Escorrentías y pérdida de suelo en Calcisol Pétrico bajo un ambiente mediterráneo semiárido. *Cuaternario y Geomorfología*. (5). 1-4.
- MARGARIS, N.S.; MOONEY, H.A. (Eds.) (1981). *Components of productivity of Mediterranean-climate regions. Basic and applied aspects*. Dr. W Junk. Publishers. The Hague.
- MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, M.A.; MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; ALONSO SARRIÁ, F. (1991). El matorral semiárido del Sureste de España. Aportación metodológica para su evaluación. *Studia Oecologica*. VIII. 97-105.
- MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; ROMERO DÍAZ, M.A. (1993a). Land-use and soil-vegetation relationships in a mediterranean ecosystem: El Ardal, Murcia (Spain). *Catena*. (en prensa).
- MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J.; ROMERO DÍAZ, M.A.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; MARTÍNEZ FERRNÁNDEZ, J. (1993b). Parámetros estructurales y funcionales de *Rosmarinus officinalis* L. en ecosistemas mediterráneos semiáridos. *Studia Oecologica*. (en prensa).
- MERINO, J.; MARTÍN, A. (1981). Biomass, productivity and succession in the scrub of the Doñana Biological Reserve in South-West Spain. *Components of Productivity of Mediterranean-Climatic Regions. Basic and Applied Aspects*. (N.S. Margaris, H.A. Mooney, Eds.). 197-203.
- MERINO, J.; MARTÍN, A.; GRANADOS, M.; MERINO, O. (1990). Desertification of coastal sands of South-West Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 33. 171-180.
- RICKARD, W.H.; VAUGHAN, B.E. (1988). Plant community characteristics and responses. Shrub-steppe. Balance and Change in a semi-arid terrestrial ecosystem. (W.H. Rickard, L.E. Rogers, B.E. Vaughan, S.F. Liebetrau, Eds.). Elsevier. 109-179.