

SOBRE UN CARÁCTER TAXONÓMICO EN LAS POBLACIONES VALENCIANAS DE *FRAXINUS ORNUS* L.: LA HETEROFILIA¹

Emilio LAGUNA LUMBREAS*, Miguel GUARA REQUENA
& Rafael CURRÁS CAYÓN****

*Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura y Medio Ambiente. Servicio de Protección de Especies.
C/ Arquitecto Alfaro, 39, 6º. 46011-Valencia.

**Depto. de Biología Vegetal. U.I. Fitografía. Facultad de Ciencias Biológicas (Botánica). Universidad de Valencia.

RESUMEN Se realiza un estudio biométrico de los siguientes parámetros de hojas vegetativas y floríferas en el seno de una población valenciana (Barranco del Fresnal, Sierra de Malacara) de *Fraxinus ornus* L.: longitudes del pecíolo principal, del folíolo terminal, longitud del limbo del folíolo terminal, anchura máxima del folíolo terminal, y coeficiente de estilización del folíolo terminal. Todos los parámetros mostraron una distribución normal. Las hojas floríferas han presentado valores significativamente más altos que las hojas vegetativas para los parámetros: longitud total del folíolo terminal, longitud del folíolo terminal y el coeficiente de estilización del folíolo terminal. Los modelos de regresión lineal y alométrico han resultado pobres ($r < 0,7$), sin embargo, una porción significativa de la relación entre los parámetros queda explicada en el caso de los ajustes referidos a: longitud del folíolo terminal vs. anchura máxima del folíolo terminal de las hojas floríferas, la anchura de las hojas floríferas vs. las vegetativas, y los coeficientes de estilización de los folíolos terminales de las hojas floríferas vs. las vegetativas. En el origen de estas diferencias quedan descartados fenómenos de naturaleza alométrica y de hibridación, pudiendo ser atribuidas a un carácter consustancial de la especie y, consecuentemente, se postula que ésta manifiesta heterofilia.

SUMMARY: Biometry of following parameters from vegetative and flowering leaves in a Valencian population (Barranco del Fresnal, Sierra de Malacara) of *Fraxinus ornus* L. is studied: length of leaf petiole and midrib, of terminal leaflet, of blade of terminal leaflet, greatest width of blade of terminal leaflet, and styling coefficient of terminal leaflet. Every parameter has shown a normal distribution. Flowering leaves have presented values significativilly higher than vegetative ones for the parameters: length of terminal leaflet, length of blade of terminal leaflet, and styling coefficient. The models of lineal and allometric regression have resulted poor ($r < 0.7$), however a significant portion of the relation among parameters is explained in the cases of: length of terminal leaflet vs the greatest width of terminal leaflet in flowering leaves, the greatest width of flowering leaves vs vegetative leaves, and styling coefficients of flowering leaves vs vegetative. Allometric and hybridization phenomenons as origen of these differences are rejected; differences detected are attributed to a genuine character of the species. Consequently, hetrophyly in this species is postulated.

¹Trabajo realizado parcialmente con cargo al Proyecto de Investigación: Fenología de las frondosas del Collado Umán (Buñol, Valencia), financiado por la Conselleria de Cultura, Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana. Parte de los resultados fueron presentados en el Congreso de Botánica en homenaje a Carlos Pau Española, Segorbe, mayo de 1987.

INTRODUCCIÓN

Fraxinus ornus L. es un elemento eurimediterráneo septentrional que se extiende de forma continua desde Turquía y norte del Líbano hasta Niza, apareciendo las poblaciones ibéricas como disyuntas. Las poblaciones ibéricas autóctonas, restringidas mayoritariamente al Sector Setabense -s.l.- (Provincia Valenciano-Catalano-Provenzal: RIVAS-MARTÍNEZ, 1987; STÜBING, PERIS & COSTA, 1989), alcanzan su óptimo en la zona comprendida entre el río Turia y las altas serranías nordalicantinas, alcanzando por el sur los macizos del Maigmó y Castalla, y la Sierra de Salinas; MASCLANS (1968) le asigna un área quizá excesiva, recogiendo citas antiguas poco contrastadas, que alcanzarían el macizo de Peñagolosa (porción centro-occidental de la provincia de Castellón). A pesar de las dificultades para explicar su presencia en la Península, los registros fósiles la confirman desde el período Neolítico (VERNET, BADAL & GRAU, 1983; DUPRÉ, 1988).

Desde 1985 hemos venido siguiendo el comportamiento fenológico de este taxon (CURRÁS & LAGUNA, 1985; 1988; LAGUNA & CURRÁS, 1985), lo que nos llevó a observar variaciones foliares entre los vástagos florígenos (productores de flores) y vegetativos en las poblaciones -fresnedas- de las localidades visitadas (Barranco Real, Barranco de las Cañas y Barranco del Roble en la Sierra del Caballón; Collado Umán en la Sierra de Malacara -Valencia-, y en la Sierra del Menejador -Alicante-).

Los fenómenos de heterofilia se manifiestan en distintas especies (*Ranunculus* sp. pl., *Eucaliptus* sp. pl. *Hepatica nobilis* Miller) y son claramente observables. Sin embargo, dada la nula mención de esta característica en las descripciones y claves consultadas, en el presente trabajo se

analizan biométricamente estas diferencias en *F. ornus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El paraje muestreado se sitúa en la umbría del Barranco del Fresnal (U.T.M. 30SXJ76) en el tramo comprendido entre el Barranco de la Fuente Umbría y la Fuente Mina (Monte del Collado Umán, Sierra de Malacara, Buñol, Valencia). Esta área ha sido ampliamente descrita por LAGUNA (1995).

El muestreo se realizó a lo largo de un transecto de 850 m de orientación N-NNW, cuya cota oscila entre los 640 y 700 m.s.n.m., y la pendiente entre 0° y 30°. El sustrato geológico está formado por conglomerados miocénicos sobre el que se desarrollan fluviosoles.

La vegetación dominante se corresponde con un fragmento de la asociación *Hedero heli-cis-Cytisetum patens fraxinetosum orni* Mateo 1983, perteneciente a la serie del *Hedero heli-cis-Querceto rotundifoliae-sigmatum* Costa, Peris & Stübing 1987. Los datos medios de altura/cobertura para los distintos estratos es: arbolado: 8-10 m / 70-80 % (altura máxima: 14,5 m -*Fraxinus ornus*-); arbustivo superior: 3 m / 40 %; arbustivo inferior: 1 m / 30 %; herbáceo: 0,2-0,4 m / 80 %; muscinal: 0.02 m / 60 %.

Modo de muestreo

Sobre una banda discontinua de *Hedero heli-cis-Cytisetum patens fraxinetosum orni* Mateo 1983 se tomaron hojas de los 32 individuos de *Fraxinus ornus* que florecieron en 1986 (equivalen al 17,08 % del total de individuos de esta especie presentes en el "stand" de la asociación).

En cada uno de estos individuos se procedió a la toma de datos (Figura 1) del siguiente modo:

1.- Numeración de todas las ramillas terminales vegetativas (*ramillas v*) comprendidas entre 1 y 2 m de altura sobre el nivel de suelo y no ramoneadas por herbívoros; se comenzó por la orientación N y se continuó en el sentido de las agujas del reloj.

2.- Elección de una ramilla terminal vegetativa (*ramilla v*) al azar mediante programa ejecutado en una calculadora CASIO fx-3600 P.

3.- Toma de la hoja superior (*hoja v*) del 2º par de hojas de la *ramilla v*, considerada desde el ápice.

4.- Descenso a lo largo de la *ramilla v*, y posteriormente a lo largo de la rama en la que se encuentra, hasta la confluencia de la rama más próxima poseedora de ramillas con flor.

5.- Ascenso por dicha rama hasta alcanzar la ramilla terminal con flor (*ramillas f*) más próxima en el espacio a la *ramilla v*.

6.- Toma de la hoja superior (*hoja f*) del 2º par de hojas de la *ramilla f* desde el ápice.

Así pues, por cada individuo se obtienen 2 hojas (una *v* y otra *f*) para el contraste de hipótesis de trabajo (H_0 : las hojas son iguales; H_1 : las hojas son distintas).

Parámetros medidos y calculados

Como se representa en la Figura 2, los parámetros medidos en las 64 hojas recolectadas (32 hojas tipo *v* y 32 hojas tipo *f*), cuya unidad es el centímetro, han sido:

a.- Longitud del peciolo principal o raquis de la hoja desde su inserción en la ramilla hasta la inserción del peciólulo del folíolo terminal.

b.- Longitud total del folíolo terminal (suma de las longitudes del limbo y peciólulo).

c.- Longitud del limbo del folíolo terminal.

d.- Anchura máxima del limbo del folíolo terminal.

e.- Distancia entre la base del folíolo terminal (inserción del peciólulo en el raquis) y el punto de máxima anchura de éste, medida siguiendo el nervio central del folíolo.

Se calculó el coeficiente de estilización del limbo del folíolo terminal, C_{ef} , mediante el cociente entre los parámetros c y d. (Valores cercanos a la unidad implicarían que el folíolo terminal es de morfología circular, mientras que cuanto más alejados de la unidad implicarían folíolos cada vez más alargados).

Análisis estadístico

Para los parámetros indicados en el apartado anterior, se realizó el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Igualmente, se calculó la media y desviación típica de los valores observados tanto en las hojas floríferas *f*, como vegetativas *v*; realizándose un test de significación de la diferencia de las medias (SOKAL & ROHLF, 1981).

Posteriormente, se calcularon las líneas de regresión correspondientes a un modelo lineal ($Y = a + bX$) y alométrico ($Y = aX^b \rightarrow \ln(Y) = \ln(a) + b\ln(X)$) para los valores entre:

1º. La longitud del limbo del folíolo terminal (c) vs. anchura máxima del limbo del folíolo terminal (d) de hojas floríferas *f* y vegetativas *v*;

2º. La longitud del limbo del folíolo terminal (c) de hojas floríferas *f* vs. la longitud del limbo del folíolo terminal (c) de hojas vegetativas *v*;

3º. La anchura máxima del limbo del folíolo terminal (d) de hojas floríferas *f* vs. la anchura máxima del limbo del folíolo terminal (d) de hojas vegetativas *v*;

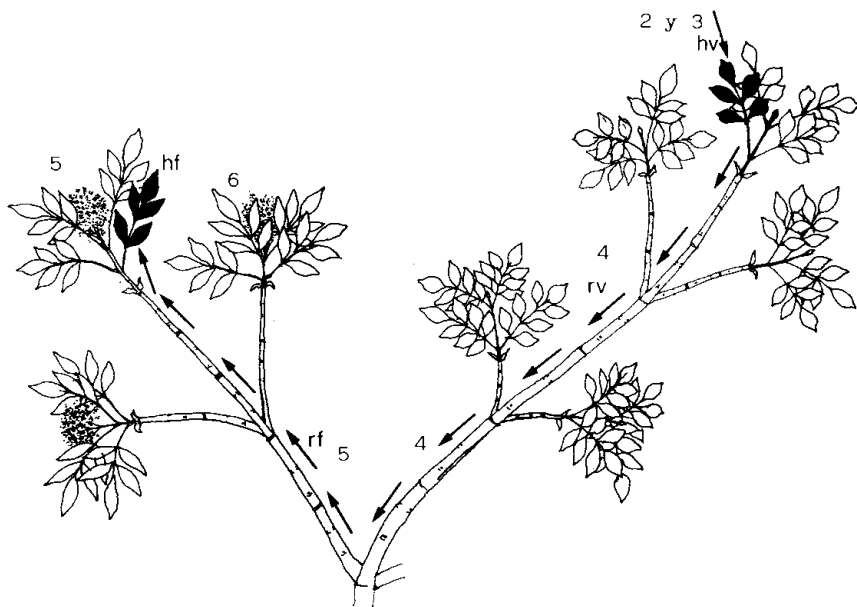


Figura 1.- Dibujo esquemático del modo de muestreo. Los números indican los pasos sucesivos seguidos. *rv*: ramilla vegetativa, elegida aleatoriamente; *rf*: ramilla florífera más próxima a *rv*; *hv*: hoja vegetativa muestreada; *hf*: hoja florífera muestreada. Las flechas indican el recorrido para la muestra de *hf*.

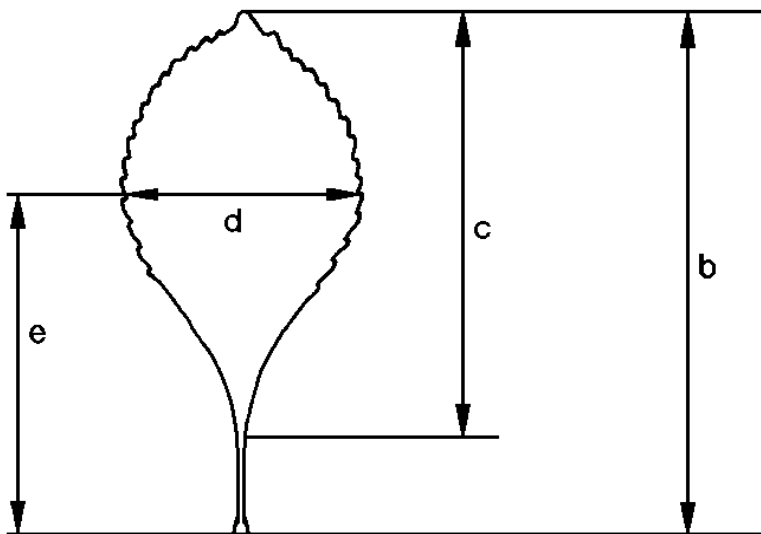


Figura 2.- Parámetros medidos en los folíolos terminales de las hojas de *F. ornus*

4°. El coeficiente de estilización del limbo del folíolo terminal, C_{eff} , de hojas floríferas f vs. el de las hojas vegetativas v .

Todos los cálculos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (ver. 6.0.1) ejecutado en entorno Windows (NUROSIS, 1993). Cuando fue necesario, los valores críticos de los estadísticos se extrajeron de las tablas presentadas por ROHLF & SOKAL (1969).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan los estadísticos descriptivos media, desviación típica, rango, y valores mínimo y máximo, en las 32 hojas floríferas y 32 hojas vegetativas muestreadas. El test de Kolmogorov-Smirnov ha mostrado que la muestras de todos los parámetros considerados, tanto en las hojas floríferas, como

vegetativas, se ajustan a sendas distribuciones normales (Tabla 2).

El test t-Student para el estudio de la significación de la diferencia de las medias de los parámetros analizados en los limbos de los folíolos terminales (Tabla 3), revela que los parámetros: longitud del raquis de la hoja (a), anchura máxima del folíolo terminal (d) y distancia entre la base del folíolo terminal y el punto de máxima anchura (e), no son distintos de un tipo de hojas a otra. Mientras que los parámetros: longitud total del folíolo terminal (b), longitud del limbo del folíolo terminal (c) y el coeficiente de estilización del limbo del folíolo terminal (C_{eff}), sí son distintos entre los folíolos de hojas floríferas y vegetativas. Es decir, las hojas floríferas presentan valores más altos para estos parámetros que los valores presentados por las hojas vegetativas, o lo que es lo

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los parámetros medidos en los folíolos terminales (n: número de muestras; f : hojas floríferas; v : hojas vegetativas).

Parámetro	n	Media	Desviación	Rango	Mínimo	Máximo
a f :	32	8,12	2,20	9,37	3,63	13,00
v:	32	7,95	1,60	6,00	4,38	10,38
b f :	32	6,74	1,41	6,68	4,05	10,73
v:	32	5,85	1,02	4,94	4,55	9,48
c f :	32	5,42	1,01	4,91	3,31	8,22
v:	32	4,61	0,77	4,10	3,12	7,22
d f :	32	2,42	0,61	2,66	1,08	3,74
v:	32	2,42	0,38	1,58	1,66	3,23
e f :	32	4,41	1,24	5,53	2,53	8,06
v:	32	4,03	1,24	6,97	2,74	9,71
C_{eff} f :	32	2,36	0,56	2,33	1,63	3,95
v:	32	1,92	0,31	1,26	1,41	2,67

Tabla 2. Test de ajuste a la normal de Kolmogorov-Smirnov de los parámetros foliares analizados.

Parámetro	Diferencia máxima absoluta	Significación
a	<i>f</i> : 0,12098 <i>v</i> : 0,08712	n.s. n.s.
b	<i>f</i> : 0,06737 <i>v</i> : 0,15794	n.s. n.s.
c	<i>f</i> : 0,06708 <i>v</i> : 0,14762	n.s. n.s.
d	<i>f</i> : 0,08602 <i>v</i> : 0,09937	n.s. n.s.
e	<i>f</i> : 0,11034 <i>v</i> : 0,20900	n.s. n.s.
C _{eft}	<i>f</i> : 0,13672 <i>v</i> : 0,14853	n.s. n.s.

Valores críticos para la diferencia máxima absoluta (D_{máx.}) en el caso de 32 observaciones: n.s.: no significativo; *: significativo al 99,90 % (D_{máx.} = 0,21085); **: significativo al 99,95 % (D_{máx.} = 0,23424); ***: significativo al 99,99 % (D_{máx.} = 0,28094).

Tabla 3. Test t-Student para la significación de las diferencias de las medias.

Parámetro	Valores (cm) x ± s	Diferencias d ± s	t	Significación
a	<i>f</i> : 8,118 ± 2,195 <i>v</i> : 7,946 ± 1,602	0,172 ± 1,853	0,52	n.s.
b	<i>f</i> : 6,744 ± 1,400 <i>v</i> : 5,855 ± 1,020	0,890 ± 1,356	3,71	**
c	<i>f</i> : 5,423 ± 1,008 <i>v</i> : 4,613 ± 0,766	0,810 ± 0,955	4,80	**
d	<i>f</i> : 2,417 ± 0,625 <i>v</i> : 2,419 ± 0,389	-0,002 ± 0,552	-0,02	n.s.
e	<i>f</i> : 4,409 ± 1,245 <i>v</i> : 4,032 ± 1,236	0,378 ± 1,541	1,39	n.s.
C _{eft}	<i>f</i> : 2,359 ± 0,559 <i>v</i> : 1,915 ± 0,308	0,444 ± 0,443	5,67	**

x: media aritmética de los valores de cada parámetro para las hojas floríferas *f* y vegetativas *v*; d: media de las diferencias entre las hojas floríferas *f* y vegetativas *v*; s: desviación típica de las medias x y/o d; n.s.: no significativo; **: significativo al nivel del 99,99 % para test de 2 colas, y al nivel del 99,995 % para test de 1 cola.

mismo, los folíolos terminales de las hojas floríferas son significativamente mas alargados que los de las vegetativas.

En cuanto a los ajustes de regresión efectuados al modelo lineal simple y alométrico (Tabla 4), éstos han resultado bastante pobres ($r < 0,7$). Sin embargo, los ajuste referidos a: longitud del folíolo terminal vs. anchura máxima del folíolo ter-

minal de las hojas floríferas, las anchuras de las hojas floríferas vs. las vegetativas y los coeficientes de estilización de los folíolos terminales de las hojas floríferas vs. las vegetativas, son significativos al nivel del 99 %, es decir, en estos casos la regresión explicaría una porción de la relación entre estos parámetros.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión calculadas entre los parámetros indicados conforme a los modelos lineal simple y alométrico. Se muestran los valores de los coeficientes de correlación (r y r^2) y del estadístico F.

Parámetros en la regresión	Ecuación	r/r^2	$F_{(1,30)}$	Signif.
Long. limbo fol. term. vs. Anchura máx. fol. term. (v)	$y = 2,76 + 0,76 x$	0,383/0,147	5,153	n.s.
	$\ln(y) = 1,14 + 0,43 \ln(x)$	0,446/0,199	7,443	n.s.
Long. limbo fol. term. vs. Anchura máx. fol. term. (f)	$y = 2,85 + 1,06 x$	0,648/0,420	20,992	**
	$\ln(y) = 1,31 + 0,43 \ln(x)$	0,625/0,391	19,267	**
Long. limbo fol. term. f vs. Long. limbo fol. term. v	$y = 2,71 + 0,59 x$	0,447/0,200	7,501	n.s.
	$\ln(y) = 1,05 + 0,41 \ln(x)$	0,340/0,116	3,920	n.s.
Anchura máx. fol. term. (f) vs. Anchura máx. fol. term. (v)	$y = 0,53 + 0,78 x$	0,487/0,237	9,027	**
	$\ln(y) = 0,07 + 0,89 \ln(x)$	0,524/0,275	11,365	**
$C_{\text{eff}} (f)$ vs. $C_{\text{eff}} (v)$	$y = 0,22 + 1,12 x$	0,614/0,377	18,177	**
	$\ln(y) = 0,32 + 0,81 \ln(x)$	0,568/0,322	14,256	**
Signif.: significación. n.s.: no significativo; **: significativo ($\alpha = 0,01$, $F_{\text{crítica}} = 7,56$)				

Las diferencias detectadas entre las hojas procedentes de vástagos vegetativos y las hojas de vástagos floríferos, heterofilia, en las poblaciones de *Fraxinus ornus* L. podrían atribuirse a: 1) procesos propios del crecimiento, alometría; 2) a procesos de introgresión con otras poblaciones de especies distintas, hibridación; 3) caracteres

propios de la especie, de interés taxonómico.

Un origen alométrico de la heterofilia queda descartado a la vista de los resultados de los ajustes de regresión. Los ajustes de la longitud del limbo del folíolo terminal vs. la anchura máxima del folíolo terminal en el caso de las hojas vegetativas es no significativo, y, aunque en el caso de las hojas

florígenas lo es, el ajuste entre las longitudes de los limbos de los folíolos terminales tampoco es significativo.

Un origen hibridógeno también hay que descartarlo, pues *Fraxinus angustifolia* Vahl. no se presenta en el área de estudio, y *F. excelsior* L. introducido recientemente parece no medrar y desarrollarse convenientemente. Por otra parte, de existir tales híbridos, sería de esperar que su influencia se dejara notar por la presencia de ejemplares con folíolos vegetativos más numerosos y alargados.

En consecuencia, cabe atribuir la heterofilia a caracteres intrínsecos propios de la especie, que se demostrarían en mayor medida en todos los ejemplares y poblaciones. Este tipo de heterofilia se ha comprobado en otras especies como *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (MARTÍNEZ-CORTINA, 1991): los brotes florígenos presenta hojas más pequeñas cuya función se desarrolla a pleno rendimiento, siendo todo el brote, hojas y flores (ovarios) sumidero. Queda por conocer si las poblaciones ibéricas no levantinas y las del resto de distribución de la especie presentan este carácter, o si se trata de un elemento diferenciador de las poblaciones valencianas; desgraciadamente los pliegos de herbario contienen habitualmente uno u otro tipo de ramillas (f o v) pero no ambos, lo que obliga a realizar estudios *in situ* sobre cada población.

BIBLIOGRAFÍA

COSTA, M.; J. B. PERIS & G. STÜBING (1987) *Hedero heliis-Querceto rotundifoliae*: una nueva serie de vegetación valenciano-tarraconense. *Lazaroa*, 7: 85-91. Madrid.

CURRÁS, R. & E. LAGUNA (1985) Nuevo modelo de representación de los datos fenológicos de la escala de Ellenberg. *Bol. Soc. Brot., Sér. 2*, 58: 269-267. Coimbra.

CURRÁS, R. & E. LAGUNA (1988) Primeros resultados sobre variaciones del ambiente lumínico en el seno de varias comunidades vegetales levantinas. *Lazaroa*, 10: 127-152. Madrid.

DUPRÉ, M. (1988) *Palinología y Paleoambiente. Nuevos datos españoles. Referencias*. Servicio de Investigación Prehistórica, serie Trabajos Varios nº 84. Diputación Provincial de Valencia, Valencia. 178 pp.

LAGUNA, E. (1995) *Fenología de la flora y comunidades vegetales de la serie del carrascal basófilo mesomediterráneo en la Umbria del Fresnal de Buñol (Sierra de Malacara, Valencia)*. Tesis Doctorales, nº 055-21. Servei de Publicacions. Universitat de València. 1986 pp.

LAGUNA, E. & R. CURRÁS (1985) Étude symphénologique d'une forêt thermique valencienne (Valencia, Espagne) á *Quercus rotundifolia* Lam. et *Fraxinus ornus* L.. I. Floraison. *Studia Geobotanica*, 5: 111-126. Trieste.

MARTÍNEZ-CORTINA, C. (1991) *Regulación de la distribución de asimilados en Citrus sinensis (L.) Osbeck. Acción hormonal sobre transporte de asimilados*. Tesis doctoral (Inédita). Universitat de València. Departament de Biologia Vegetal. 175 pp.

MASCLANS, F. (1968) *Guia per a conèixer els arbres*. Montblanc - Centre Excursionista de Catalunya. Barcelona.

MATEO, G. (1983) *Estudio sobre la flora y vegetación de las sierras de Mira y Talayuelas*. Monografías nº 31. ICONA, Madrid. pp.

NUROSIS, M. J. (1993) *SPSS for Windows. Base System User's Guide, Release 6.0*. SPSS Inc., Chicago. 828 pp.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987) Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía y Bioclimatología. pp: 17-45. In PEINADO-LORCA, M. & S. RIVAS-MARTÍNEZ (Ed.) *La Vegetación de*

España. Universidad de Alcalá de Henares. 544 pp.

- ROHLF, F. J. & R. R. SOKAL (1969) *Statistical Tables*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 253 pp.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF (1981) *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 2nd Edition. W. H. Freeman and Company, New York. 859 pp.
- STÜBING, G., J. B. PERIS & M. COSTA (1989) Los matorrales seriales termófilos valencianos. *Phytocoenologia*, 17(1): 1-69. Stuttgart.
- VERNET, J. L., E. BADAL & E. GRAU (1983) La végétation néolithique du sud-est de l'Espagne (Valencia, Alicante) d'après l'analyse anthracologique. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, 296, sér. III: 669-672. Paris.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que han colaborado desinteresadamente en la realización del presente estudio: al Servicio de Gestión Forestal de la Conselleria de Agricultura i Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana y Excmo. Ayuntamiento de Buñol por la concesión de los permisos necesarios para el tránsito y uso de las instalaciones durante el período de muestreo; a Dña. Francisca Ferrer y Dña. M^a José Ciurana por la colaboración en la recolección y medición del material.

(Recibido el 20-II-1997)