

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ALCORNOCALES IBEROLEVANTINOS (ESTE DE ESPAÑA) BASADA EN BIOINDICADORES LIQUÉNICOS

Simón FOS y Eva BARRENO

Departamento de Biología Vegetal, Botánica, Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València, Dr. Moliner, 50, E 46100 Burjassot, España.

Keywords: Bioclimatology, Bioindicators, Cork-oak, Ecology, Epiphytes, Lichens, *Quercus suber*, Spain.

Abstract: ECOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE IBERO-LEVANTINIAN CORK-OAK FORESTS (EASTERN SPAIN) USING EPIPHYTIC LICHENS AS BIOINDICATORS. This study compares the epiphytic lichen floras of cork-oak forests from eastern Spain. The methodology was designed in such a way as to avoid subjectivity at all stages, from the sampling protocol to data analysis. Field work was carried out in 15 Catalanian localities, in mature stands of *Carici-Quercus suberis sigmetum*, and in 9 localities of the Valencian Community, in mature stands of *Asplenio-Quercus suberis sigmetum*. In each locality, ten trees were selected, and the lichens growing on virgin bark from 50 to 200 cm above the ground were identified. All together, 153 species were encountered, with 69 species present in both territories, and 33 found in at least three samplig plots. Multivariate methods of classification and ordination were used to analyze a matrix of stations and species based on presence/absence data. The classification clearly separated two main groups of stations, Catalanian and Valencian, with the exception of two Catalanian localities that were more related to the Valencian ones. This accords well with the climate of the two regions: the Catalanian cork-oak forests are subjected to a strong maritime influence, experiencing frequent fog episodes, whereas the Valencian ones are more continental and drier. The higher incidence of nitrophytic lichens in the Valencian cork-oak forests is probably due to dust accumulation on the trunks. Within the two groups of stations the lichen flora is diversified according to differences in temperature, rainfall, and relative humidity regimes. The results support the assumption that epiphytic lichens can provide important information on the phytoclimatical features of a territory.

Introducción

La sensibilidad de los líquenes y sus comunidades a diferentes parámetros ambientales está plenamente reconocida en la literatura. Esto los convierte en excelentes bioindicadores de factores climáticos relevantes para las plantas (temperatura, la humedad relativa del aire, precipitación, etc.), ya que suministran información de gran valor en la caracterización bioclimática de los territorios (Nimis 1981, 1993; Nimis & Loi 1982, 1984; Sergio *et al.* 1990; Nimis & Tretiach 1995; Fos & Barreno 1994a; Fos 1997; Barreno 1997, 1998). El planteamiento de trabajos comparativos entre áreas climáticamente heterogéneas, manteniendo el mismo sustrato, permite extraer conclusiones sobre las características generales del clima en cada territorio y, simultáneamente, sobre la incidencia de los pará-

metros climáticos que intervienen en la selección de las especies presentes en cada área (James *et al.* 1977; Hawksworth & Hill 1984).

En la Península Ibérica, el alcornoque (*Quercus suber* L.) tiene su óptimo en el cuadrante suroccidental. En el área levantina, forma bosques más o menos extensos en Cataluña (*Carici depressae-Quercetum suberis* (O. Bolós) Rivas-Martínez 1987 = *Quercetum ilicis galloprovinciale suberetosum* Br.-Bl. 1936) y en la Comunidad Valenciana (*Asplenio onpteridis-Quercetum suberis* Costa *et al.* 1985), sometidos a condiciones termo- y ombroclimáticas diferentes (Folch 1981; Costa *et al.* 1985; Costa 1986; Rivas-Martínez 1987; Vilar *et al.* 1989, 1994).

El objetivo de este estudio es comparar la flora

liquénica epífita sobre *Q. suber* en estas dos áreas. La presencia-ausencia de determinados conjuntos de flora y la aplicación de técnicas de análisis multivariante han permitido poner de manifiesto los factores más relevantes en la selección de los táxones en cada territorio y se han obtenido conjuntos de localidades florísticamente homogéneas que delimitan regiones climáticas uniformes.

Área de estudio

El área de estudio abarca los principales núcleos de alcornoques del Levante español (alcornoques iberolevantineos): Cataluña y Comunidad Valenciana (Fig. 1). Los alcornoques catalanes (Fig. 1A) se localizan en dos áreas de desigual importancia, una más extensa que abarca buena parte del sector nororiental de la Cordillera Catalana y otra que ocupa la vertiente meridional del extremo oriental de los Pirineos. Los valencianos (Fig. 1B) tienen una extensión más reducida y quedan limitados a las Sierras de Espadán y Calderona y algunos enclaves del Desierto de las Palmas. Las características climáticas — parámetros climáticos e índices bioclimáticos (Rivas-Martínez *et al.* 1991; Fos 1997) — de cada área se resumen en los diagramas ombroclimáticos de la Fig. 2. En general, los alcornoques catalanes reciben mayor precipitación y muestran un menor período de aridez estival ($P = 685-804$ mm; $Imv = 2.8-4.2$) que los valencianos ($P = 503-637$ mm; $Imv = 4.7-7$). La influencia litoral es más notable en los primeros, tanto por la amortiguación de la oscilación térmica como por la frecuencia de los episodios de nieblas o brumas. Además, en los valencianos, son relativamente frecuentes los episodios de vientos de poniente, muy cálidos y secos, que impiden la formación del régimen de brisas marítimas.

Las localidades muestreadas en cada territorios (Fig. 1) son las siguientes:

Localidades catalanas: 1) AGULLANA, Pla de Pujalts, 300 m, 31TDG8594; 2) DARNÍUS, Serrat del Sentinela, 220 m, 31TDG8590; 3) CAPMANY, Ctra. a Capmany, km 2, 120 m, 31TDG9390; 4) BEGUR, Puig Malaret, 180 m, 31TEG1846; 5) Begur, SA TUNA, 250 m, 31TEG1845; 6) PALAFRUGELL, Cap Roig, 60 m, 31TEG1436; 7) SANT SADURNÍ, Puig dels Cristians, 350 m, 31TDG9239; 8) SANTA CRISTINA d'Aro, Les Taules, 140 m, 31TEG0129; 9) Caldes de Malavella, Riera de RECLÀ, 120 m, 31TDG8627; 10) Caldes de MALAVELLA, Llagostera-Caldes de Malavella, km 5, 100 m, 31 TDG -

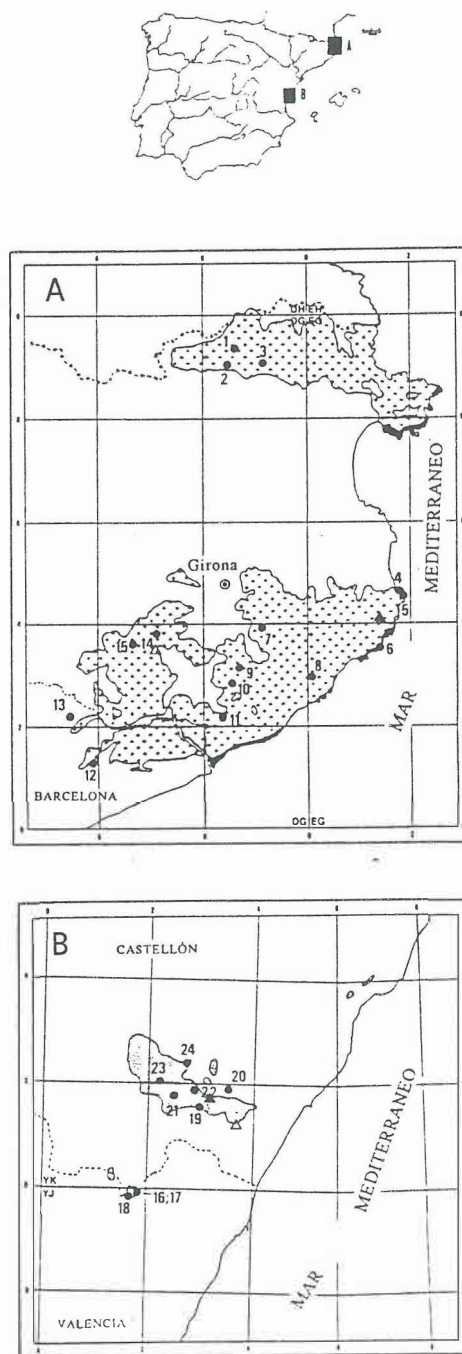


Fig. 1 - Áreas potenciales de los alcornoques iberolevantineos (zonas punteadas; tomado de Rivas-Martínez 1987). Situación geográfica de las localidades estudiadas. Retículo UTM de 20 km de lado. Los triángulos indican la localización de las estaciones meteorológicas (ver Fig. 2)

Potential areas of the ibero-levantinian cork-oak forests (dotted areas; according to Rivas-Martínez 1987) and location of the sampling stations. UTM lattice side is 20 km. Triangles: meteorological stations (see Fig. 2).

- Líquenes de los alcornoques Iberolevantine -

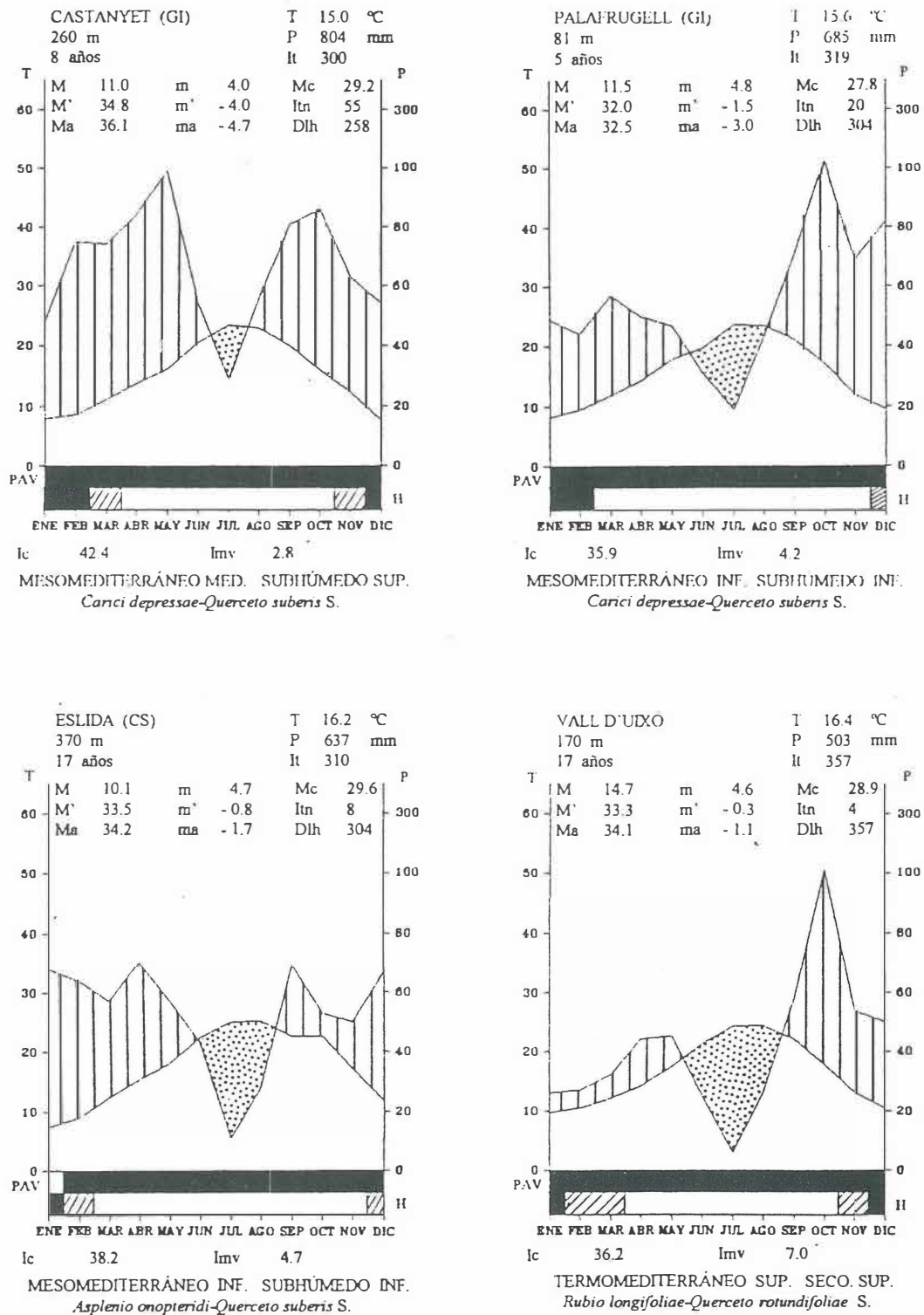


Fig. 2 - Diagramas ombroclimáticos de algunas localidades catalanas (Palafrugell, triángulo negro, y Castanyet, triángulo blanco en Fig. 1A) y valencianas (Esilda, triángulo negro, y Vall d'Uixó, triángulo blanco en Fig. 1B)(Rivas-Martínez et al. 1991).

Climatic diagrams of some Catalanian (Palafrugell, full triangle in Fig. 1A, and Castanyet, hollow triangle) and Valencian (Esilda, full triangle in Fig. 1B, and Vall d'Uixó, hollow triangle) localities, according to Rivas-Martínez et al. 1991.

8831; 11) LLORET de mar, Los Pinares, 180 m, 31TDG8520; 12) SANT CELONI, Serra del Solà, Torrent de Olzinelles, 220 m, 31TDG5814; 13) Fogàs de MONCLÚS, La Costa-Mosqueroles, km 6, 580 m, 31TDG5121; 14) BRUNYOLA, Anglés-Sta Coloma de Farnés, km 5, 220 m, 31TDG7138; 15) SANTA COLOMA de Farnés, Serrat del Corb, 260 m, 31TDG6736.

Localidades valenciano-castellonenses: 16) Serra, Serra Calderona, Bco. SARAGUTILLO (I), 550 m, 30SYJ1799; 17) Bco. SARAGUTILLO (II), 580 m, 30SYJ1698; 18) Serra, Serra Calderona, Font del BERRO, 550 m, 30SYJ1699; 19) CHÓVAR, Serra d'Espadà, Bco. del Carbón, 450 m, 30SYK2915; 20) ARTANA, Serra d'Espadà, El Hondo, 280 m, 30SYK3418; 21) Azuebar, Serra d'Espadà, MOSQUERA, 700 m, 30SYK2517; 22) AHÍN, Serra d'Espadà, Los Noguerales, 725 m, 30SYK2718; 23) Algimia de Almonacid, Serra d'Espadà, Bco. de AGUA NEGRA, 800 m, 30SYK2320; 24) Alcudia de Veo, Serra d'Espadà, Emb. de BENITANDÚS, 350 m, 30SYK2724.

Datos y Métodos

Se ha elaborado un catálogo florístico (matriz de presencia-ausencia de especies por localidades) destinado a poner de manifiesto las semejanzas y diferencias florísticas entre los alcornoques iberolevantinos. Para la recolección del material líquénico, en cada punto de muestreo, se han considerado 10 árboles que cumplían una serie de requisitos: pertenecer a las clases diamétricas medias (diámetro sobre corcho a 1.3 m del suelo entre 90-130 cm), inclinación del tronco inferior a 20° respecto a la perpendicular y, para que fuera posible la recolección de líquenes, altura de extracción del corcho inferior 1.50 m.

Con los inventarios obtenidos, se confeccionó una matriz de datos que sólo incluye las especies recolectadas sobre corcho virgen (bornizo) entre 50 cm y 2 m de altura, en todas las orientaciones. Esto no implica que toda la superficie se encuentre homogéneamente cubierta por la corteza original del árbol, sino que la recolección del material líquénico se ha limitado al bornizo. Esta delimitación del área de muestreo permite evitar la introducción de asimetrías debidas a parámetros diferentes de los que se pretende valorar. Así, quedan excluidas las especies de óptimo terrícola o saxícola silicícola que colonizan las bases de los troncos y las raíces superficiales (*Cladonia sp. pl.*, *Diploschistes scrupo-*

sus, *Lecidella carpathica*, *Parmelia pulla*, *Parmelia loxodes*, *Parmelia verrucigera*, etc.).

También, se han excluido aquellas especies encontradas únicamente en una localidad y sólo representadas por un individuo (*Arthonia galactites*, *A. pinastri*, *Arthothelium ilicinum*, *Bacidia hegetschweileri*, *Collema occultatum*, *Opegrapha vermicellifera*, *Ramalina obtusata*, etc.). En la Tab. 1 sólo se presentan las especies consideradas en los análisis estadísticos, lo que introduce diferencias cuantitativas respecto a los catálogos completos (Fos 1997).

La flora líquénica identificada en cada localidad ha sido analizada utilizando técnicas de análisis multivariantes (clasificación y ordenación), con objeto de obtener grupos de localidades con composición florística semejante. Para la clasificación numérica se ha aplicado la técnica conocida como Análisis Cluster, utilizando la distancia euclídea entre pares de localidades como medida de semejanza y el ligamiento de mínima varianza como algoritmo para la representación del dendrograma. Para la ordenación, se ha utilizado el Análisis de Componentes Principales (ACP), después de la transformación de los datos para análisis recíprocos. Todos los cálculos se han realizado utilizando el programa MULVA para estudio de la vegetación (Wildi & Orlóci 1983).

La caracterización ecológica de las especies está basada, fundamentalmente, en los trabajos de Barkman (1958), Wirth (1980) y Nimis (1993); además se ha tenido en cuenta toda la información recopilada en las numerosas publicaciones liquenológicas que aportan información en este sentido.

Resultados

El estudio de la flora líquénica epífita en los alcornoques iberolevantinos ha permitido obtener una matriz (Tab. 1) de 24 localidades (15 en Cataluña y 9 en la Comunidad Valenciana) y 153 especies (122 en Cataluña y 106 en la Comunidad Valenciana). Ambos territorios comparten 69 táxones, pero de ellos, sólo 33 están presentes en, al menos, tres localidades de muestreo. Estas asimetrías sugieren diferencias florísticas importantes entre los bosques de alcornoques del Este de España.

El análisis cluster (Fig. 3) revela aspectos interesantes sobre la diversidad de la flora líquénica epífita de *Quercus suber* en los alcornoques

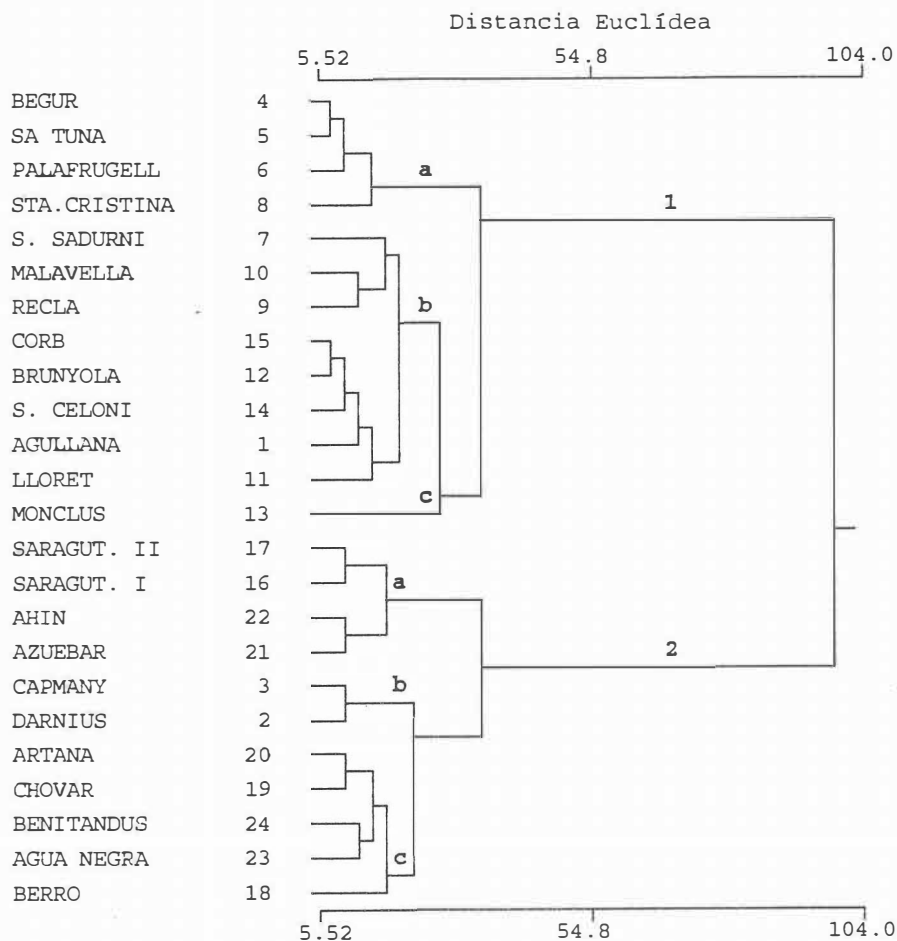


Fig. 3 - Clasificación de las localidades basada en los datos de la Tab. 1. La medida de semejanza es la Distancia Euclídea. La numeración de las localidades se indica en la figura 1.

Classification of sampling stations based on the data of Tab. 1. Resemblance measure: Euclidean Distance. Numbers as in Fig. 1.

levantinos. Esta diversidad parece responder a las condiciones bioclimáticas de cada territorio, al área biogeográfica y a la serie de vegetación. Las localidades se agrupan en dos conjuntos bien diferenciados (98.1 de distancia euclídea) que se corresponden con cada territorio estudiado, a excepción de las localidades muestreadas en la comarca del Alto Ampurdán gerundense, Darnius y Capmany, que se agrupan con las valenciano-castellonenses.

Los alcornoques catalanes (cluster 1) se subdividen inicialmente en dos grupos (32.4 de distancia euclídea): el cluster 1a (CAT.LIT. en Tab. 2) agrupa las estaciones litorales de Begur (Loc. 4), Sa Tuna (Loc. 5.), Palafrugell (Loc. 6) y Santa Cristina d'Aro (Loc. 8). Las diferencias responden de manera clara al grado de influencia marítima que soportan. En estas localidades hay una mayor

diversidad, frecuencia y cobertura de los líquenes con *Trentepohlia* como fotobionte (*Arthonia granosa*, *A. radiata*, *A. pruinata*, *Opegrapha atra*, *O. niveoatra*, *O. varia*, *O. vermicellifera*, *O. vulgata*, *Pyrenula chlorospila*, etc.), indicadoras de una notable incidencia del litoral. A todo este conjunto de especies, se unen otras de carácter termófilo y/o de óptimo litoral (Tab. 2) como *Caloplaca aegatica*, *Diploicia canescens*, *Lecanora lividocinerea*, *L. rubicunda*, *L. sylvestris*, *Parmelia hypoleucina*, *Ramalina pusilla*, *R. canariensis*, que determinan la separación de este grupo y revelan las condiciones en las que se desarrollan estos alcornoques.

Las restantes estaciones se separan igualmente en dos grupos (24.2 de distancia euclídea). La distinción más clara es la de Monclús (Loc. 13): la localidad más alejada de la costa y situada a mayor altitud (cluster 1c; CAT.CONT.). La influencia

litoral se deja sentir bastantes kilómetros hacia el interior, pero se ve atenuada con el desplazamiento perpendicular a la línea de costa, siendo otros los parámetros que adquieren mayor importancia en la selección de las especies. Algunas de ellas todavía revelan su incidencia (*Bactrospora patellarioides*, *Caloplaca pollinii*, *Opegrapha niveoatra*, *Parmelia reticulata*, *Schismatomma decolorans*, etc.), pero ésta resulta insuficiente para anular la mayor continentalidad que impone su localización. Este contraste térmico es aprovechado por especies como *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia quercina*, *P. sulcata*, *Pseudevernia furfuracea* y *Usnea hirta*, indicadoras de una mayor amplitud térmica. La convergencia de diversas influencias, unido al buen estado de conservación del bosque son, probablemente, las que determinan que esta localidad tenga la mayor riqueza florística del territorio (54 especies; Fig. 4).

En el otro grupo (cluster 1b) se reúnen, por un lado, las situadas entre la línea de costa y los territorios potenciales de la serie del quejigo africano (*Carici-Quercus canariensis sigmetum*) — Sant Sadurní (Loc. 7), Reclà (Loc. 9) y Malavella (Loc. 10) — las cuales, según demuestran los datos climáticos, los líquenes (Fos 1997) y la flora vascular que acompaña al alcornoque (Vilar *et al.* 1989; 1994), gozan de un ombroclima más húmedo. El otro grupo está formado por un conjunto más heterogéneo desde la óptica de su situación geográfica, pero que, evidentemente, comparte unas semejanzas florísticas resultantes de su proximidad ecológica. En éste grupo se aglutinan, por un lado, las estaciones que se localizan también próximas a estos territorios, pero más hacia el interior (Locs. 14. Brunyola y 15. Santa Coloma) y San Celoni (Loc. 12). Por otro lado, se aproximan las localidades de Agullana (Loc. 1) y Lloret (Loc. 11). En general, todas ellas corresponden a bosques maduros, poco alterados por las intervenciones selvícolas, y húmedos, aunque se observa un incremento de las especies fotófilas y una reducción de las termófilas y/o de tendencia litoral, que mantenían valores elevados en las localidades más húmedas (Tab. 2). Estas dos características ambientales parecen ser las que tienen mayor significación para explicar los conjuntos que se obtienen aunque, el grupo formado por Lloret y Agullana requeriría de estudios más profundos con objeto de poder descartar si esta afinidad se debe más a sus diferencias respecto a las restantes localidades catalanas que a las afinidades existentes entre ellas. En este sentido hay que recordar dos cuestiones: Lloret (Loc. 11) está situada

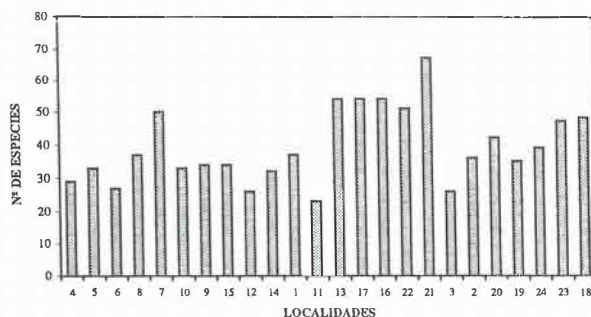


Fig. 4 - Riqueza de especies en las localidades estudiadas.
Species number in the sampling stations.

en una posición intermedia entre las localidades litorales y las más húmedas (Fig. 1A) y, sin embargo, prácticamente carece de elementos indicadores de termicidad o litoralidad. Por su parte, Agullana (Loc. 1) es la única localidad alto ampurdanesa que se mantiene próxima a las localidades catalanas. Probablemente, la mejor estructuración de este bosque frente a los aclarados y desprovistos del matorral que observamos en Darnús (Loc. 2) y Capmany (Loc. 3), sea la principal responsable de esta proximidad florística y de las diferencias con estas últimas. Lamentablemente, no existen datos climáticos de esta zona, que serían necesarios para poder establecer si las condiciones de humedad son tan limitantes y, al mismo tiempo, explicar las repercusiones que parecen tener las intervenciones realizadas en el bosque.

Las localidades valenciano-castellonenses se agrupan en el cluster 2 (Fig. 3), separadas en dos subgrupos bastante próximos (32.4 de distancia euclídea). El grupo 2a (VAL.STR. en Tab. 2) reúne las localidades Saraguttillo (Locs. 16 y 17), Mosquera (Loc. 21) y Ahín (Loc. 22) que, por su estado de conservación, representan muestras excelentes de estos alcornoques (Costa *et al.* 1985; Costa 1986). Estos bosques bien estructurados ofrecen un ambiente más húmedo (Barkman, 1958) que favorece la entrada de todo un conjunto de especies (*Anaptychia ciliaris*, *Collema subnigrescens*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia crozalsiana*, *P. glabra*, *P. glabratula*, *Pertusaria flavida*, *P. hemisphaerica*, *P. hymenea*, *P. pertusa*, *Physconia venusta*) que faltan en las restantes estaciones, y determinan las mayores riquezas florísticas registradas en estos territorios (Fig. 4; Tab. 1). En estas localidades es donde se concentran las especies higrofilas (Tab. 2); ocasionalmente, pueden aparecer en otras, pero, en estos casos, siempre refugiadas en

Tab. 2 - Preferencias ecológicas de la flora líquénica epífita en los territorios estudiados, distinguiendo los grupos establecidos en el dendrograma de la Fig. 3. Xer = Xerófilo; Hig = Higrófilo; Esc = Esciófilo; Fot = Fotófito; Nitr = Nitrófilo; Anit = Anitrófilo; Oce = Oceánico; Suboc = Suboceánico; Cont = Continental; Term = Termófilo; Lit = Litoral. Caracterización ecológica basada en Barkman (1958), Wirth (1980), Nimis (1993), etc.

Ecological preferences of the epiphytic lichen flora in the two survey areas. Independent groups formed according to the dendrogram of Fig. 3 are distinguished. Xer = Xerophytic; Hig = Higrrophytic; Esc = Skiophytic; Fot = Photophytic; Nitr = Nitrophytic; Anit = Anitrophytic; Oce = Oceanic; Suboc = Suboceanic; Cont = Continental; Term = Thermophytic; Lit = Maritime. Data from Barkman (1958), Wirth (1980), Nimis (1993), etc. (further explanation in the main text).

	Xer	Hig	Esc	Fot	Nitr	Anit	Oce	Suboc	Cont	Term	Lit
ALC. CATALANES	29	42	20	53	44	18	15	22	9	17	21
CAT.LIT. (Locs. 4, 5, 6, 8)	13	25	11	28	24	5	6	14	1	15	17
CAT.HD. (Locs. 7, 9, 10)	12	25	11	29	25	11	8	15	4	12	11
CAT.MED. (Locs. 1, 11, 12, 14, 15)	11	24	13	34	22	11	7	12	4	9	6
CAT.VAL. (Locs. 2, 3)	16	7	1	31	31	1	1	7	0	7	2
CAT.CONT. (Loc. 13)	15	16	2	33	26	6	2	7	4	5	3
ALC. VALENCIANOS	35	27	9	63	60	9	5	16	7	14	12
VAL.STR. (Locs. 16, 17, 21, 22)	26	26	9	53	47	9	3	12	5	10	8
VAL.TER. (Locs. 19, 20)	19	9	1	35	39	2	1	6	1	6	3
VAL.MED. (Locs. 23, 24)	20	11	3	38	38	2	2	7	4	7	4
VAL.XER. (Loc. 18)	19	12	3	35	32	1	1	6	2	8	4

microhábitats esciófilos y húmedos.

Las restantes localidades se han visto más afectadas como consecuencia de los incendios y por la deforestación. El cluster 2c (VAL.XER.) separa, primeramente, la localidad Font del Berro (Loc. 18), que junto con las estudiadas en el Barranco Saragutillo (Locs. 16 y 17), constituyen los núcleos de alcornoque termomediterráneo seco estudiados en la Sierra Calderona. Sin embargo, las diferencias estructurales y microambientales son suficientes para separarla florísticamente de éstas y de las demás localidades que forman este grupo. Las modificaciones introducidas por la alteración severa del bosque han provocado un empobrecimiento de la riqueza florística, con una disminución de los táxones de preferencias higrófilas, esciófilas y/o anitrófilas. Esta tendencia favorece el incremento de cobertura de las especies más tolerantes, sin que se observen asimetrías en las proporciones de especies favorecidas por las condiciones dominantes. Un hecho que no se refleja en los inventarios de

presencia-ausencia, pero que marca una clara diferencia con las restantes estaciones de este área, es la cobertura mínima del estrato foliáceo. En Font del Berro (Loc. 18), las especies crustáceas son las que muestran coberturas más elevadas, pudiendo llegar a colonizar la mayor parte de la superficie. Sobre este estrato primario aparecen, de forma muy dispersa o concentrados a las posiciones más húmedas, los talos de las especies foliáceas que, por lo general, muestran un escaso desarrollo. Además, las especies fruticulosas están representadas por talos de 1-2 cm y no siempre han podido ser identificadas. Las limitaciones encontradas para las especies con mayores demandas hídricas están poniendo de manifiesto las condiciones de xericidad que afectan a este enclave y, al mismo tiempo, las razones que explican su independencia florística dentro del conjunto de localidades valenciano-castellonenses más afectadas por las intervenciones humanas.

El cluster 2c se completa con otro grupo que

sustitución de conjuntos florísticos que son desplazados por especies banales de amplia valencia ecológica (Boreham 1993; Canters *et al.* 1991; Hyvärinen *et al.* 1992; Kuusinen 1994a,b, 1996) que, aprovechando la nueva situación, avanzan desde la orla del bosque o desde sus posiciones de refugio para ocupar el espacio que ha quedado disponible. Las observaciones realizadas en los alcornocales iberolevantineos confirman este enunciado: en ambos territorios las estaciones más ricas corresponden a los bosques mejor conservados, aunque no siempre la menor diversidad coincide con la mayor alteración. Las características topográficas del bornizo, con sus profundas grietas, cavidades e irregularidades diversas, ofrece ambientes adecuados para que determinados elementos, algo más exigentes, puedan encontrar condiciones aptas, cuanto menos, para sobrevivir. Esta correspondencia entre elevada riqueza florística y estado de conservación del bosque, está generalizada para todos los alcornocales ibéricos (Fos 1997) y es un buen indicador de cómo estos ambientes favorecen comunidades epífitas diversificadas y bien estructuradas en sus tres estratos: crustáceo, foliáceo y fruticuloso (Barreno *et al.* 1988; Crespo *et al.* 1983; Atienza 1990; Etayo & Gómez-Bolea 1992; Fos & Barreno 1994a; Holien 1996; Kuusinen 1994a,b; Rose 1976).

En resumen, las localidades catalanas corresponden a bosques térmicos y húmedos, afectados por una influencia marítima u oceánica que ejerce un efecto atemperador de la amplitud térmica y, simultáneamente, representa un aporte suplementario de agua, incluso durante los meses de sequía estival. Estas condiciones se traducen en una mayor riqueza en especies higrófilas (59%), suboceánicas (20%) y oceánicas (14%) (Tab. 2). A este respecto, sorprende que con precipitaciones totales anuales entre 685 y 804 mm (Fig. 2), *Leptogium teretiusculum* sea el único cianolíquén encontrado en los bosques catalanes.

Los alcornocales valenciano-castellonenses presentan una flora líquénica epífita algo más continental y xérica, soportan un prolongado período de aridez estival que coincide con las máximas temperaturas y el aporte de agua por criptoprecipitaciones parece ser claramente inferior. Estas condiciones marcan diferencias con los bosques catalanes: disminuyen las especies higrófilas (44%), así como las de carácter suboceánico (15%) y oceánico (5%). Por otra parte, la menor cuantía y la distribución anual de las precipitaciones (Fig. 2) favorecen los procesos de

acumulación de polvo y nutrientes. Con carácter general, y como corresponde a territorios mediterráneos, con largos períodos de depósito, la mayoría de las especies tienen preferencia por los ambientes ricos en sustancias nitrogenadas (87%).

Esta caracterización bioclimática contrasta con la información suministrada por otros estudios de flora y vegetación en estas mismas sierras. La flora vascular (Costa *et al.* 1985; Crespo-Villalba 1989; García-Fayos 1982, 1991) y la flora líquénica saxícola silicícola (Calatayud 1991; Calatayud & Barreno 1994) evidencian un carácter térmico y litoral que no encuentra correspondencia en la flora líquénica epífita. En la Tab. 2 puede comprobarse la escasa representación de especies indicadoras de estas condiciones, especialmente fuera del subconjunto formado por las localidades mejor conservadas (VAL.STR). Es evidente que estas asimetrías son el resultado de la mayor o menor incidencia de las condiciones dominantes en los diferentes tipos de hábitats. Los epífitos se encuentran más expuestos a las variaciones del clima mientras que los saxícolas están más favorecidos por la atenuación de la oscilación térmica y y la conservación de la humedad (Barkman 1958; Jörgensen, 1978). Además, estas zonas están influenciadas también por los vientos de poniente, secos y cálidos, que inhiben el régimen de brisas marinas, creándose un gradiente térmico y de humedad entre la costa y unos pocos centenares de metros hacia el interior (Mediavilla 1994).

La caracterización bioclimática de estos territorios, basada en la flora líquénica epífita, también coincide con los resultados obtenidos mediante la cuantificación del crecimiento radial del corcho de reproducción (Fos & Barreno 1994a,b; Fos 1997). En conclusión, el gradiente oceanidad-continentalidad parece ser el que selecciona principalmente los conjuntos de flora líquénica epífita en territorios mediterráneos.

Referencias

- Atienza V., 1990. *Flora y vegetación líquénica epífita de las Comarcas de Els Ports y Baix Maestrat (Castellón)*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- Barkman J.J., 1958. *Phytosociology and ecology of Cryptogamic Epiphytes*. Van Gorcum, Assen, 644 pp.
- Barreno E., 1997. *Hongos simbiotes: Líquenes, micoficobiosis y micorrizas*. In: Izco J., Barreno E., Brugués M., Costa M., Devesa J., Fernández F., Gallardo T., Llimona X., Salvo E., Talavera S. & Valdés B., *Botánica*. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, 309-340.
- Barreno E., 1998. *Líquenes en los castaños*. En: Berrocal M., Gallardo J.F. & Cardeñoso J.M., *El Castaño*. Mundi-Prensa,

- Barcelona, 59-96.
- Barreno E., Sanz M.J., Atienza V. & Muñoz A., 1988. *Biogeografía y ecología comparadas de líquenes epífitos de alcornoques ibéricos y sardos*. Actes del Simposi Internacional de Botànica "Pius Font i Quer", Vol. I, Criptogàmia: 179-185.
- Boreham S., 1993. *Changes in the lichen flora on birch Betula pendula in Northern Epping Forest*. London Naturalist, 72: 25-30.
- Burgaz A.R., Fuertes E. & Escudero A., 1994a. *Ecology of cryptogamic epiphytes and their communities in deciduous forests in the mediterranean Spain*. Vegetatio, 112: 73-86.
- Burgaz A.R., Fuertes E. & Escudero A., 1994b. *Climax epiphytic communities in Mediterranean Spain*. Botanical Journal of the Linnean Society, 115: 35-47.
- Calatayud V., 1991. *Líquenes saxícolas de las rocas silíceas de la Sierra de Espadán*. Tesis, Universitat de València.
- Calatayud V. & Barreno E., 1994. *Contribution to the lichen floristics of Eastern Spain. I. Siliceous lichens and their lichenicolous fungi of Serra d'Espadà (Castelló)*. Crypto., Bryol. Lichénol., 15: 23-41.
- Canters K.J., Schöller H., Ott S. & Jahns H.M., 1991. *Microclimatic influence on lichen distribution and community development*. Lichenologist, 23: 237-252.
- Costa M., 1986. *La vegetación en el País Valenciano*. Cultura Universitaria Popular 5, Universitat de València, 246 pp.
- Costa M., Peris J.B., Figuerola R. & Stübing G., 1985. *Los alcornoques valencianos*. Doc. Phytosoc., 9: 301-318.
- Crespo A., Barreno E. & Sancho L.G., 1983. *Esbozo de la vegetación líquénica de algunas localidades de los Valles del Tambre y Ulla (La Coruña, España)*. Trab. Compost. Biol., 10: 97-108.
- Crespo-Villalba M.B., 1989. *Contribución al estudio florístico, fitosociológico y fitogeográfico de la Sierra Calderona (Valencia Castellón)*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Etayo J. & Gómez-Bolea A., 1992. *Estabilidad ecológica por medio de bioindicadores líquénicos en robledales de los Pirineos atlánticos*. Folia Bot. Misc., 8: 61-75.
- Folch R., 1981. *La vegetació dels Països Catalans*. Mem. Inst. Catalana Hist. Nat., 10: 3-513.
- Fos S., 1997. *Líquenes epífitos de los alcornoques ibéricos. Correlaciones bioclimáticas, anatómicas y densimétricas con el corcho de reproducción*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- Fos S. & Barreno E., 1994a. *Epiphytic lichens on Quercus suber and their relation to the quality of cork*. Crypt. Bot., 4: 156-165.
- Fos S. & Barreno E., 1994b. *Crecimiento radial del corcho de reproducción en los alcornoques catalanes y valencianos*. Scientia gerund., 20: 5-15.
- García-Fayos P., 1982. *Estudio sobre la vegetación de los alcornoques de la Sierra Calderona*. Tesis, Universidad de Valencia.
- García-Fayos P., 1991. *La vegetación silicícola de la Sierra Calderona (Comunidad Valenciana)*. Lazaroa, 12: 317-332.
- Giralt M., 1996. *Líquenes epífitos i contaminació atmosfèrica a la plana i les serralades litorals tarragonines*. Institut d'Estudis Catalans. ASC 113, Barcelona, 525 pp.
- Hawksworth D.L. & Hill D.J., 1984. *The Lichen-Forming fungi*. Chapman & Hall, New York, 158 pp.
- Holien H., 1996. *Influence of site and stand factors on the distribution of crustose lichens of the Caliciales in a suboceanic spruce forest area in central Norway*. Lichenologist, 28: 315-330.
- Hyvärinen M., Halonen P. & Kauppi M., 1992. *Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forest of Finland*. Lichenologist, 24: 165-180.
- James P.W., Hawksworth D.L. & Rose F., 1977. *Lichen communities in the British Isles: a preliminary conspectus*. In: Seaward, M.R.D. (ed.). *Lichen Ecology*. Academic Press, London, 295-413.
- Jørgensen P.M., 1978. *The lichen family Panariaceae in Europe*. Opera Bot., 45: 1-124.
- Kuusinen M., 1994a. *Epiphytic lichen diversity on Populus tremula in old-growth and managed forest of southern and middle boreal Finland*. Ann. Bot. Fennici, 31: 77-92.
- Kuusinen M., 1994b. *Epiphytic lichen diversity on Salix caprea in old-growth southern and middle boreal forest of Finland*. Ann. Bot. Fennici, 31: 245-260.
- Kuusinen M., 1996. *Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old-growth forest tree species in southern and middle boreal Finland*. Lichenologist, 28: 443-463.
- Mediavilla J., 1994. *Ponientes y olas de calor*. In: Pérez Cueva A.J. (Coord.), *Atlas climático de la Comunidad Valenciana*. Conselleria de d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports, Generalitat Valenciana, Valencia, 62-63.
- Nimis P.L., 1981. *Epiphytic lichen vegetation in the Lumiei-Valley (Carnian Alps)*. Gortania, 3: 123-142.
- Nimis P.L., 1993. *The Lichens of Italy. An annotated catalogue*. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, 897 pp.
- Nimis P.L. & Loi E., 1982. *I Licheni epifiti della provincia di Trieste*. Gortania, 3: 101-122.
- Nimis P.L. & Loi E., 1984. *I Licheni della dolina di Percedol (Carso Triestino)*. Studio fitogeografico. Atti Mus. Civ. Stor. Nat. Trieste, 36: 1-12.
- Nimis P.L. & Poelt J., 1987. *The lichens and lichenicolous fungi of Sardinia (Italy)*. Studia Geobot., 7, suppl. 1: 1-269.
- Nimis P.L. & Tretiach M., 1995. *The lichens of Italy. A phytoclimatical outline*. Crypt. Bot., 5: 199-208.
- Rivas-Martínez S., 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación 1:400.000*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Serie técnica, Madrid, 268 pp.
- Rivas-Martínez S., Bascones J.C., Díaz T.E., Fernández F. & Loidi J., 1991. *Vegetación del Pirineo Occidental y Navarra*. Itin. Geobot., 5: 5-456.
- Rose F., 1976. *Lichenological indicator of age and environmental continuity in woodland*. In: Brown D.H.; Hawksworth D.L. & Bailey R.H. (eds.), *Lichenology: Progress & Problems*. Academic Press, London & New York, 279-307.
- Sergio C., Sim-Sim M. & Santos-Silva C., 1990. *Briofitos epífitos como indicadores de dominios bioclimáticos em Portugal. Tratamento estadístico de áreas seleccionadas*. Anales Jard. Bot. Madrid, 46: 457-467.
- Vilar L., Polo L. & Domínguez Planella A., 1989. *Los alcornoques de la provincia de Girona*. Scientia gerund., 15: 143-151.
- Vilar L., Domínguez-Planella A. & Polo L., 1994. *Aplicació dels ventarís fitosociològics a l'estudi de les suredes catalanes*. Scientia gerund., 20: 35-43.
- Wildi O. & Orlóci L., 1983. *Management and multivariate analysis of vegetation data*. Swiss Federal Institute of Forestry Research, Report 215, Birmensdorf, 68 pp.
- Wirth V., 1980. *Flechtenflora: Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete*. Ulmer, Stuttgart, 552 pp.

Received February 2, 1998
Accepted September 21, 1998