

## MACROLÍQUENES EPÍFITOS EN LAS PARCELAS DE NIVEL II DE LA RED DE SEGUIMIENTO DE LA SALUD DE LOS BOSQUES EN ESPAÑA

MARÍA JOSÉ SANZ\*, VICENT CALATAYUD\* Y GERARDO SÁNCHEZ\*\*

### RESUMEN

El Programa de Cooperación Internacional de Bosques («ICP-Forests»), en el marco de la Convención de Ginebra y el Comité Permanente Forestal de la Unión Europea, viene desarrollando desde 1986 un seguimiento de la salud de las masas forestales Europeas en una red de parcelas intensiva (Nivel II), de la que en España existen 53 parcelas. Se presenta un listado de las especies de macrolíquenes epífitos presentes en tales parcelas. Se han identificado un total de 77 especies foliáceas y 28 fruticulosas, que se asignan a tres categorías de sensibilidad frente a los contaminantes atmosféricos. Así mismo se aporta una visión general del tipo de flora líquénica presente sobre cada una de las especies arbóreas representadas en las parcelas.

**Palabras clave:** líquenes, bioindicadores, seguimiento de la salud de los bosques.

### SUMMARY

The International Cooperation Programme on Forests (ICP-Forests), in the framework of the Geneva Convention and the European Union's Permanent Forestry Committee, has been monitoring the health of European woodlands since 1986, using an extensive network of land plots (Level II), of which 53 are in Spain. A list of the epiphytic macrolichen species present on these plots is provided. A total of 77 foliose and 28 fruticose species have been identified, and assigned to three categories based on their sensitivity to air pollutants. An overall vision of the type of lichen flora present on each of the arboreal species represented in the plots is also provided.

**Key words:** lichens, bioindicators, forest health monitoring.

### INTRODUCCIÓN

El Programa de Cooperación Internacional de Bosques («ICP-Forests»), en el marco de la Convención de Ginebra y el Comité Permanente

Forestal de la Unión Europea, viene desarrollando desde 1986 un seguimiento de la salud de las masas forestales Europeas en una red de parcelas extensiva (Nivel I), trabajos que están actualmente regulados por las normativas comunitarias

\* Fundación CEAM, Parque Tecnológico, C/ Charles Darwin, 14. 46980 Valencia. *e-mail*: mjose@ceam.es, vicent@ceam.es.

\*\* Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Gran Vía San Francisco, 4. 28005 Madrid. *e-mail*: gerardo.sanchez@gvsf.mma.es.

Recibido: 12/04/00.

Aceptado: 15/09/00.

1696/87 y 307/97. Más recientemente se ha establecido una red de parcelas de Seguimiento Intensivo (Nivel II) en las que se hacen estudios más detallados en bosques tipo (trabajos regulados por la normativa comunitaria 2157/92, 1091/94 y 1390/97). Actualmente, existen 53 parcelas de Nivel II en España (figura 1). En ellas se realizan medidas más en profundidad con el fin de caracterizar la masa forestal y su historia, el arbolado y su follaje, la vegetación, el suelo, el clima, los depósitos atmosféricos. Su ubicación se realizó en base a la «Memoria del mapa de series de vegetación» de España (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987), considerando el territorio ocupado por los dominios de las grandes formaciones (bosques atlánticos, mediterráneos...), las grandes regiones climáticas y criterios biogeográficos (provincias, sectores). Se intenta mostrar las situaciones forestales más comunes, representando de un modo ponderado a las especies que ocupan mayor extensión superficial.

En estas parcelas, de acuerdo con el Reglamento CE para el seguimiento de los daños en el bosque, se han definido hasta ahora los siguientes campos objeto de estudio: evaluación del estado sanitario aparente del arbolado, análisis de los suelos, análisis de los nutrientes foliares de la especie principal en cada parcela, toma de datos sobre el crecimiento de la masa forestal, análisis de las deposiciones atmosféricas, defronde y escurremientos, análisis de los datos climáticos recogidos «in situ», inventario botánico y toma de datos fenológicos.

Recientemente, algunos países entre ellos España han emprendido también la labor de catalogar las especies epífitas de líquenes presentes en las parcelas de Nivel II, debido a su valor como bioindicadores de contaminación atmosférica y de alteraciones del medio. Esta cualidad ya fue evidenciada en el siglo XVIII, cuando Erasmus Darwin mencionó la desaparición de los líquenes próximos a las minas de cobre de Anglessey. Posteriormente, NYLANDER (1866, 1896), tras estudiar la flora líquénica del Jardín de Luxemburgo sugiere que los líquenes podrían ser considerados como indicadores de la salubridad del aire y que constituían, a su manera, una especie de higrómetro muy sensible. El desarrollo alcanzado en la

biodetección de la contaminación atmosférica, en particular del SO<sub>2</sub>, utilizando líquenes llevó al «First European Congress on Influence of Air Pollution on Plants and Animals» (Wageningen, 1968) a incluir entre sus resoluciones que «las criptógamas epífitas deben recomendarse en su uso como indicadores biológicos de contaminación, debido a que: (1) son muy manejables, (2) muestran un amplio rango de sensibilidad específica a los contaminantes atmosféricos, incluso más que las plantas superiores». Uno de los trabajos más relevantes fue el publicado por HAWKSWORTH & ROSE (1970); estos autores elaboraron una lista de especies de líquenes epífitos, en la que relacionaban su presencia o ausencia en un territorio dado con la concentración de SO<sub>2</sub> en el aire. A partir de esta fecha, los estudios utilizando líquenes como indicadores de contaminación atmosférica son abundantísimos (ver e.g. INSAROVA *et al.* 1992, NASH 1996, NIMIS *et al.*, 1990, NIMIS *et al.* 1989, RICHARDSON 1992, o los listados de publicaciones referidas a este tema en «The Lichenologist»). En la Península Ibérica, el primer estudio sobre líquenes y contaminación atmosférica fue realizado por CRESPO *et al.* (1977), que delimitaron áreas de isocontaminación en la ciudad de Madrid mediante análisis cuantitativos de las comunidades de líquenes epífitos. Una metodología similar se ha aplicado en otros estudios, entre los que merecen ser citados como ejemplos: el establecimiento de una red de valoración atmosférica para las proximidades de la central térmica de Meirama (La Coruña) (CRESPO *et al.*, 1981), la ciudad de Sabadell (RODA, 1979), la comarca de Avilés (VÁZQUEZ, 1981), Madrid (BUENO, 1986; CRESPO & BUENO 1982), la ciudad de Lisboa (BENTO-PEREIRA & SERGIO, 1983), la zona industrial de Ponferrada (TERRÓN & DÍAZ-GONZÁLEZ, 1985), Galicia (CARBALLAL & LÓPEZ DE SILANES, 1985; ÁLVAREZ & CARBALLAL 1987; CARBALLAL & GARCÍA MORALES, 1987), la comarca de El Tarragonès (GIRALT, 1986; GIRALT *et al.*, 1990), Pamplona (ÉTAYO, 1989), la central de la Robla, en León (TERRÓN & BARRENO, 1994) y Alcoi (CALVO, 1995). Sin embargo, sólo recientemente se han incorporado los líquenes a diversos programas de seguimiento de la salud de los bosques, como en el programa de seguimiento de la salud forestal

de los Estados Unidos (MANGOLD 1998), el programa de seguimiento intensivo de los bosques de La Toscana en Italia, o el nuevo manual del programa de seguimiento integrado de la Agencia Finlandesa de Medio Ambiente (FINISH ENVIRONMENT INSTITUTE, 1998).

En este trabajo, se presentan los primeros resultados sobre el estudio de los líquenes epífitos de las parcelas de Nivel II en España en el marco del programa de seguimiento intensivo de los bosques. Se listan las especies de macrolíquenes presentes en estas parcelas (líquenes foliáceos y fruticulosos), indicando su sensibilidad a la contaminación atmosférica y su presencia en los diferentes tipos de forófitos prospectados. En una segunda fase de este estudio (en curso), se están catalogando también las especies de líquenes crustáceos epífitos y se realizarán inventarios sobre 10 árboles de cada parcela. Esta información servirá de punto de partida para la realización de un seguimiento con una periodicidad de varios años, con la finalidad de detectar cambios

en la flora líquénica, así como en la cobertura de las diferentes especies.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio la constituyen las 53 parcelas de Nivel II hasta el momento existentes en España (figura 1). La primera recolección de los especímenes para su identificación se realizó en 1998 y se completó en la segunda mitad de 1999 y primera mitad de 2000, en los alrededores de cada parcela y únicamente sobre el tipo de árbol representativo (tablas 1 y 2), dado que la zona acotada como parcela no debía estar sujeta a ningún tipo de actuación y/o alteración. Previamente a la recolección, se examinaron los líquenes de los árboles de la parcela, con la finalidad de identificar las especies presentes y asegurar que en la posterior toma de los inventarios, la flora líquénica de la parcela quedara reflejada lo más fielmente posible. El muestreo se llevó a cabo teniendo en cuenta la microtopografía de las cor-



Fig. 1. Localización de las 53 parcelas de Nivel II en España, con su número y forófito. [Location of the 53 level II plots in Spain, with their number and phorophyte]. *Erica arborea* (Ea), *Eucaliptus globulus* (Eg), *Fagus sylvatica* (Fs), *Juniperus oxycedrus* (Jo), *Juniperus thurifera* (Jt), *Laurus azorica* (La), *Pinus canariensis* (Pc), *Pinus halepensis* (Ph), *Pinus nigra* (Pn), *Pinus pinaster* (Ppr), *Pinus pinea* (Ppa), *Pinus radiata* (Pr), *Pinus sylvestris* (Ps), *Pinus uncinata* (Pu), *Quercus faginea* (Qf), *Quercus ilex* (Qi), *Quercus petraea* (Qpe), *Quercus pyrenaica* (Qpy), *Quercus robur* (Qr), *Quercus suber* (Qs).

TABLA 1

TABLA DE ESPECIES DE LÍQUENES FOLIÁCEOS. +, SENSIBILIDAD OBTENIDA DE REFERENCIAS EN LA LITERATURA; (+) SENSIBILIDAD SEGÚN EXPERIENCIA DE CAMPO.  
[TABLE OF FOLIIOSE SPECIES. +, SENSITIVITY FROM BIBLIOGRAPHY; (+) SENSITIVITY BASED ON FIELD EXPERIENCE]

	Sensibilidad			Forófito																			
	Tolerante	Intermedia	Sensible	<i>Erica arborea</i>	<i>Encalptus globulus</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Juniperus oxycedars</i>	<i>Juniperus thurifera</i>	<i>Laurus azorica</i>	<i>Pinus canariensis</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus uncinata</i>	<i>Quercus faginea</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Anaptychia ciliaris</i>		+	+					+										+	+	+	+		
<i>Candelaria concolor</i>		+					+						+					+	+				
<i>Cetraria chlorophylla</i>		+										+						+			+		
<i>Cetraria pinastri</i>		+																					
<i>Cetraria olivetorum</i>			+																				
<i>Collema flaccidum</i>			(+)			+														+		+	
<i>Collema furfuraceum</i>			+					+					+					+	+		+		+
<i>Collema nigrescens</i>			+															+	+		+		+
<i>Collema subnigrescens</i>			(+)																				+
<i>Degelia plumbea</i>			+															+			+		+
<i>Heterodermia leucomelos</i>			+	+																			+
<i>Heterodermia obscurata</i>			+	+		+					+							+					
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	+	+																					
<i>Hypogymnia farinacea</i>		+									+	+	+			+							
<i>Hypogymnia physodes</i>	+	+				+		+			+	+		+	+	+		+	+		+	+	+
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	+	+				+					+	+	+					+	+		+	+	+
<i>Imshaugia aleurites</i>			+								+	+	+					+	+		+	+	+
<i>Leptogium lichenoides</i>			+															+					+
<i>Lobaria amplissima</i>			+			+														+	+		
<i>Lobaria pulmonaria</i>			+			+		+										+		+	+	+	+
<i>Lobaria scrobiculata</i>			+			+												+		+	+	+	+
<i>Lobaria virens</i>			+	+				+												+	+	+	
<i>Nephroma laevigatum</i>			+																	+	+		
<i>Nephroma parile</i>			+																	+	+		
<i>Nephroma resupinatum</i>			+			+														+		+	
<i>Nephroma tangeriense</i>			+																	+			
<i>Pannaria conoplea</i>			+																	+			
<i>Parmelia acetabulum</i>			+	+																+			
<i>Parmelia borveri</i>			(+)			+												+	+		+		
<i>Parmelia caperata</i>			+	+		+	+			+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Parmelia crinita</i>			+	+																		+	
<i>Parmelia elegantula</i>			+																	+	+		
<i>Parmelia exasperata</i>			+					+												+	+		+
<i>Parmelia flaventior</i>			+																	+			
<i>Parmelia fuliginosa</i>			+			+				+	+	+						+	+	+	+	+	+
<i>Parmelia glabra</i>			+				+											+	+		+		
<i>Parmelia horrescens</i>			+					+															
<i>Parmelia hypoleucina</i>			+							+													+
<i>Parmelia pastillifera</i>			+																	+	+		
<i>Parmelia perlata</i>			+	+				+		+		+						+	+		+	+	+
<i>Parmelia quercina</i>			+	+														+	+		+	+	+
<i>Parmelia reticulata</i>			+	+				+															+
<i>Parmelia revoluta</i>			+	+	+																		+
<i>Parmelia robusta</i>			+	+																			+

TABLA 1 (Continuación)

TABLA DE ESPECIES DE LÍQUENES FOLIÁCEOS. +, SENSIBILIDAD OBTENIDA DE REFERENCIAS EN LA LITERATURA; (+) SENSIBILIDAD SEGÚN EXPERIENCIA DE CAMPO.  
[TABLE OF FOLILOSE SPECIES. +, SENSITIVITY FROM BIBLIOGRAPHY; (+) SENSITIVITY BASED ON FIELD EXPERIENCE]

Sensibilidad			Forófito																			
Tolerante	Intermedia	Sensible	<i>Erica arborea</i>	<i>Eucaliptus globulus</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Juniperus thurifera</i>	<i>Laurus azorica</i>	<i>Pinus canariensis</i>	<i>Pinus balapensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus uncinata</i>	<i>Quercus faginea</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Parmelia saxatilis</i>	+				+	+			+	+	+				+			+	+	+	+	+
<i>Parmelia soredians</i>	+	+																+				
<i>Parmelia stippea</i>		+	+					+														+
<i>Parmelia subargentifera</i>	+																+					
<i>Parmelia subaurifera</i>	+														+		+	+			+	
<i>Parmelia subrudecta</i>	+																+	+				
<i>Parmelia sulcata</i>	+				+					+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Parmelia tiliacea</i>	+					+				+	+	+					+	+	+	+	+	+
<i>Parmeliella triptophylla</i>		+									+	+					+	+	+	+	+	+
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	+						+				+	+				+	+		+			+
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	+	+									+	+			+	+						
<i>Peltigera collina</i>		+																	+	+		
<i>Peltigera horizontalis</i>		(+)																+	+			
<i>Peltigera membranacea</i>		+																+	+			
<i>Peltigera praetextata</i>		(+)			+															+		
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	+	+				+				+							+	+				
<i>Physcia adscendens</i>	+	+				+	+			+			+		+	+	+	+				+
<i>Physcia aipolia</i>	+	+				+	+										+	+	+			
<i>Physcia biziana</i>	+	+				+	+										+	+	+			
<i>Physcia semipinnata</i>	+					+				+							+	+	+			+
<i>Physcia stellaris</i>																	+	+	+	+		
<i>Physcia tenella</i>	+				+	+	+			+							+	+	+	+		
<i>Physconia distorta</i>	+																+	+	+	+		
<i>Physconia enteroxantha</i>	+					+									+		+	+	+	+		+
<i>Physconia perisidiosa</i>						+	+			+							+	+	+	+		+
<i>Physconia servitii</i>																	+	+	+	+		+
<i>Physconia venusta</i>																	+	+	+	+		
<i>Platismatia glauca</i>	+		+	+	+	+	+		+	+	+			+				+	+	+		
<i>Pseudocyphellaria aurata</i>		+	+				+											+	+	+		
<i>Sticta canariensis</i>			+																			
<i>Sticta fuliginosa</i>		+	+					+														
<i>Xanthoria candelaria</i>	+				+																	
<i>Xanthoria parietina</i>	+	+				+	+		+	+					+		+	+				+

tezas de los árboles, ya que algunas especies son muy selectivas respecto a su situación en el tronco, o muestran preferencia grietas, ramas, etc. Tras su determinación, todos los especímenes se han depositado en el herbario de líquenes CEAM. Los nombres de las especies se citan sin sus autores, los binomios latinos adoptados

siguen la nomenclatura propuesta por NIMIS (1993) y/o PURVIS *et al.* (1993).

Para expresar la sensibilidad de las especies a los contaminantes atmosféricos (tablas 1 y 2), principalmente al SO<sub>2</sub>, se han considerado 3 clases: a) *Especies sensibles*: son aquellos líquenes sin capaci-

TABLA 2

TABLA DE ESPECIES FRUTICULOSAS. +, SENSIBILIDAD OBTENIDA DE REFERENCIAS EN LA LITERATURA; (+) SENSIBILIDAD SEGÚN EXPERIENCIA DE CAMPO.  
[TABLE OF FRUTICOSE SPECIES. +, SENSITIVITY FROM BIBLIOGRAPHY; (+) SENSITIVITY BASED ON FIELD EXPERIENCE]

	Sensibilidad			Forófito																				
	Tolerante	Intermedia	Sensible	<i>Erica arborea</i>	<i>Encalptus globulus</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Juniperus thurifera</i>	<i>Laurus azorica</i>	<i>Pinus canariensis</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus uncinata</i>	<i>Quercus faginea</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>	
<i>Bryoria capillaris</i>			+													+								
<i>Bryoria fuscens</i>		+	+									+							+					
<i>Cladonia coniocraea</i>	+											+							+	+	+			
<i>Cladonia deformis</i>																	+							
<i>Cladonia digitata</i>																								
<i>Cladonia fimbriata</i>		+				+		+				+	+	+				+	+				+	
<i>Cladonia glauca</i>												+				+								
<i>Cladonia macilenta</i>												+												
<i>Cladonia pocillum</i>													+											
<i>Cladonia pyxidata</i>						+								+					+	+				+
<i>Cladonia ramulosa</i>													+											
<i>Evernia prunastri</i>		+				+		+		+	+	+	+			+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudevernia furfuracea</i>		+				+		+		+	+	+				+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Ramalina calicaris</i>			+														+							
<i>Ramalina canariensis</i>		+									+													
<i>Ramalina farinacea</i>		+	+			+					+		+					+	+	+	+	+	+	+
<i>Ramalina fastigiata</i>		+	+			+												+	+	+	+	+	+	+
<i>Ramalina fraxinea</i>		+	+			+					+							+	+	+	+	+	+	+
<i>Ramalina subpusilla</i>											+													
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i>		+																						
<i>Teloschistes flavicans</i>		+		+																+				
<i>Usnea articulata</i>		+		+				+																
<i>Usnea filipendula s.l.</i>		+														+		+	+	+			+	+
<i>Usnea florida</i>		+																						
<i>Usnea hirta</i>			(+)								+	+	+			+						+	+	+
<i>Usnea rubicunda</i>		+									+											+		+
<i>Usnea subfloridana</i>		+										+							+	+	+			
<i>Usnea subscabrosa</i>		+																						+

dad de crecer en zonas contaminadas o alteradas; no toleran valores de contaminación por encima de los 40 µgr/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> de media anual; b) *Especies con sensibilidad intermedia*: líquenes con una sensibilidad intermedia entre las dos otras clases (a y c); c) *Especies tolerantes*: son especies que toleran valores relativamente altos de SO<sub>2</sub> (de más de 70 µgr/m<sup>3</sup> de media anual); en las ciudades colonizan las zonas más cercanas al llamado «desierto de líquenes», que es la zona donde la contaminación ya no permite la vida de los líquenes. La

asignación de una especie a una o dos de estas clases determinadas (tablas 1 y 2) se ha realizado en base a datos bibliográficos, teniendo especialmente en cuenta los estudios realizados en países mediterráneos (véanse las referencias bibliográficas citadas en la introducción). Esta asignación no es sin embargo rígida, ya que la sensibilidad de una especie puede variar notablemente en zonas con diferente clima, sobre diferentes forófitos (árbol) o dependiendo de sí se encuentra en su óptimo o en una zona marginal de su área de dis-

tribución. En algunas especies, este apartado se ha omitido por ausencia de datos. En otras, una especie se asigna a una determinada clase basándose en nuestra propia experiencia, lo que se indica con el símbolo (+).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han prospectado 53 parcelas en las que se encuentran representadas 20 especies de árboles y arbustos. Las especies de líquenes foliáceos (tabla 1) y fruticulosos (tabla 2) en cada una de las especies de forófito consideradas, se presentan por separado. A continuación se comentan por especies de forófito la flora líquénica encontrada resaltando algunos aspectos ecológicos de interés.

### *Erica arborea* L.

La parcela de *E. arborea*, en la Gomera, presentaba una flora líquénica con abundantes especies oceánicas. Destacaremos la presencia de *Heterodermia leucomelos*, *Lobaria virens*, *Parmelia crinita*, *P. robusta*, *P. stuppea*, *Sticta canariensis*, *Teloschistes flavicans* o *Usnea articulata*, todas ellas especies sensibles a la contaminación atmosférica.

### *Eucaliptus globulus* Labill.

La facilidad con que en este árbol se desprenden trozos de corteza hace difícil su colonización por los líquenes. Esto queda reflejado en la presencia esporádica de un único macrolíquén sobre este forófito, *Parmelia revoluta*, en Galicia. En la parcela de Huelva, los árboles eran muy jóvenes y no presentaban líquenes.

### *Fagus sylvatica* L.

Las dos parcelas de haya presentaban una abundante cobertura y diversidad de macrolíquenes. Destaca la presencia de grandes líquenes foliáceos ligados a las comunidades del *Lobarion*, como *Lobaria amplissima* (+ «*Dendriscoaulon umbrausenense*»), *L. pulmonaria*, *L. scrobiculata* o *Nephroma resupinatum*. Estas especies son muy sensibles a los contaminantes atmosféricos, y son indicadores de bosques viejos, muy poco alterados.

### *Juniperus oxycedrus* L.

El tipo de bosque abierto y con cierta eutrofización determina la presencia de una flora fotófila y nitrotolerante, con especies como *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia enteroxantha* o *Xanthoria parietina*. No destaca ninguna especie como muy sensible a la contaminación atmosférica.

### *Juniperus thurifera* L.

En España, existe una única parcela con *J. thurifera* como especie arbórea principal. La vegetación líquénica que cubre estos árboles denota un aporte en compuestos nitrogenados, ya que son abundantes las especies de *Physcia* (*P. adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *P. tenella*), y *Xanthoria parietina*. La mayoría de estas especies presentan una sensibilidad intermedia o son tolerantes a los contaminantes atmosféricos y su expansión se ha visto favorecida por las actividades agrícolas y ganaderas.

### *Laurus azorica* L.

En la única localidad con este forófito, en La Gomera, son abundantes las especies de macrolíquenes indicadoras de bosques con alta continuidad ecológica y no contaminados, como *Lobaria pulmonaria*, *Lobaria virens*, *Parmelia perlata*, *Pseudocyphellaria aurata* y *Usnea articulata*.

### *Pinus canariensis* Sweet ex. Spreng.

La única localidad de esta especie arbórea no presentaba líquenes. Se trata de una parcela externamente seca y con signos de haber soportado un incendio en el pasado.

### *Pinus halepensis* Mill.

Las parcelas de *P. halepensis* presentan una diversidad de especies de macrolíquenes relativamente baja respecto a la observada sobre otras especies de pino. En las localidades de Tarragona (n.º 19) y Alicante (n.º 25), la cobertura era baja, con pocas especies de macrolíquenes, entre las que

destacan *Hyperphyscia adglutinata*, *Imsbaugia aleurites* y *Physcia adscendens*. En las otras dos localidades (Jaén y Mallorca), entran ya especies de *Parmelia* (e.g. *Parmelia fuliginosa*, *P. saxatilis*, *P. tiliacea*) y en la de Jaén, su mayor altura y humedad atmosférica permite el desarrollo de otras especies como *Platismatia glauca* y *Pseudevernia furfuracea*. Sobre este forófito, la mayoría de las especies presentan una sensibilidad de intermedia a tolerante.

### *Pinus nigra* Arnold

Sobre este pino dominan *Platismatia glauca* y *Pseudevernia furfuracea*, acompañadas de diversas especies de *Hypogymnia*, *Parmelia saxatilis* y *Usnea hirta*. En la base de los troncos destaca la comunidad dominada por *Parmeliopsis ambigua*. Muchas de estas especies son características de cortezas relativamente ácidas.

### *Pinus pinaster* Ait.

Alguno de los macrolíquenes más frecuentes sobre este pino son *Evernia prunastri*, *Hypogymnia* spp., *Parmelia sulcata* o *Pseudevernia furfuracea*. En la base de los troncos se pueden instalar *Imsbaugia aleurites* y *Parmeliopsis ambigua*. Es destacable la localidad de Dodro (La Coruña), por la presencia de *Parmelia borrescens*, *P. revoluta* y *P. robusta*, especies indicadoras de una elevada humedad atmosférica y un clima de tipo oceánico.

### *Pinus pinea* L.

Las dos parcelas de este especie presentaban una cobertura de líquenes moderada. Es llamativa la abundancia de *Candelaria concolor* en una de ellas (n.º 36, Valladolid), indicadora de que la corteza recibe aportes de nutrientes de granjas y cultivos cercanos.

### *Pinus radiata* D. Don

La única parcela de este pino en España presentaba una cobertura y diversidad de líquenes baja, y no se encontraron macrolíquenes.

### *Pinus sylvestris* L.

Sobre *P. sylvestris* se presentan comunidades del orden *Hypogymnietalia-tubulosae*. Son comunidades de cortezas subácidas, no nitrófilas y relativamente toxitolerantes. En algunos pinares, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea* y diversas especies de *Hypogymnia* son dominantes. Con frecuencia, se presentan también especies de *Usnea* y *Bryoria*, y a veces, de *Parmelia* (e.g. *Parmelia saxatilis*). En posiciones basales de los troncos, con frecuencia se presenta una comunidad dominada por *Parmeliopsis ambigua*, *Parmeliopsis hyperopta* e *Imsbaugia aleurites*, acompañadas por *Cetraria pinastri* en las parcelas donde hay nevadas frecuentes. Entre las especies más sensibles a los contaminantes atmosféricos destacaremos las de los géneros *Bryoria* y *Usnea*.

### *Pinus uncinata* Ramond ex DC. In Lam. Et DC.

El cortejo de especies presentes en la única localidad de esta especie arbórea, era similar al de algunos pinares supramediterráneos de *P. sylvestris*. Las especies más sensibles de los macrolíquenes catalogados son *Bryoria fuscescens*, *Parmelia sulcata*, *Parmeliopsis hyperopta* y *P. ambigua*.

### *Quercus faginea* Lam.

Las dos localidades de *Quercus faginea* presentaban una flora líquénica muy diversa, con abundantes especies de los géneros *Parmelia* y *Ramalina*. En la localidad de Los Pintanos (Zaragoza), cabe destacar la presencia de *Lobaria pulmonaria*.

### *Quercus ilex* L.

El elevado número de parcelas de esta especie y su dispersión por todo el territorio ibérico da como resultado una gran heterogeneidad en las comunidades presentes. En los encinares y carrascales son frecuentes las especies de macrolíquenes foliaceos (e.g. *Parmelia* spp.) y fruticulosos (*Ramalina* spp., *Usnea* spp.), aunque no se presentaban las comunidades dominadas por especies de *Lobaria*. *Degelia plumbea*, diversas especies de *Parmelia*

y *Usnea* (ver tabla) son sensibles a los contaminantes atmosféricos. En parcelas adhesionadas o abiertas y con ganado, son muy abundantes las especies de los géneros *Physcia* y *Physconia*, a veces acompañadas por *Xanthoria parietina*.

### *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

De la única parcela de este forófito cabe destacar las especies de los géneros *Lobaria*, *Nephroma* y *Pannaria*, así como *Cetrelia olivetorum*, *Parmelia caperata*, *P. fuliginosa*, *Ramalina fastigiata*, *R. fraxinea*, *Usnea filipendula* s.l., *U. subfloridana* como las especies más sensibles a la contaminación atmosférica. Las especies de *Lobaria*, *Nephroma* y *Pannaria*, son indicadoras de un bosque maduro y bien conservado.

### *Quercus pyrenaica* Willd.

Este forófito presenta una alta diversidad líquénica. En los melojares con mayor humedad, se presentan especies de las comunidades del *Lobarion*, indicadoras de bosques viejos bien conservados. Son especies de macrolíquenes muy sensibles a los contaminantes y a alteraciones del medio. Destacaremos a *Degeelia plumbea*, *Lobaria amplissima* (+ «*Dendriscoaulon umbraense*»), *L. pulmonaria*, *Nephroma laevigatum*, *N. parile*, *N. tangeriense*, *Peltigera collina*, *P. horizontalis*, y *P. praetextata*. También la abundancia de especies del género *Parmelia* (e.g. *Parmelia acetabulum*, *P. glabra*, *P. fuliginosa*, *P. perlata* o *Parmelia quercina*), y del género *Usnea* (e.g. *Usnea florida*, *U. rubicunda* y *U. subfloridana*) indica una buena calidad ambiental y una humedad atmosférica relativamente elevada.

### *Quercus robur* L.

En la única localidad de este roble cabe destacar la presencia de *Cetrelia olivetorum*, *Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Nephroma parile*, *Parmelia caperata*, *Parmelia fuliginosa*, *Parmelia crinita*, *P. perlata*, *Ramalina fraxinea*, *Usnea filipendula* s.l. y *U. florida* como algunas de las especies más sensibles a los contaminantes.

### *Quercus suber* L.

El hecho de que en esta especie se aproveche el corcho y que se descortecen los árboles dificulta el seguimiento basado en inventarios de cobertura de líquenes en el tronco. En ramas, son abundantes las especies de líquenes foliáceos y fruticulosos, excepto en la parcela 4 (Girona), que ha sufrido un incendio. Cabe destacar la riqueza y diversidad de la parcela 17 (Cádiz), donde abundan las especies sensibles (e.g. *Heterodermia leucomelos*, *Lobaria pulmonaria*, *Nephroma tangeriense*, *Parmelia perlata*, *P. robusta*, *P. hypoleucina*, *Usnea rubicunda*). Algunas de ellas, como *Heterodermia leucomelos* o *Parmelia hypoleucina* son indicadoras de climas de tipo oceánico, acorde con la influencia que de los vientos húmedos del océano tienen en este territorio.

## DISCUSIÓN

En total se han identificado 105 especies de macrolíquenes, de las que un 73% son líquenes con biotipo foliáceo y un 27% son líquenes con biotipo fruticuloso. Cuando se consideran las especies recolectadas por cada tipo de forófito (figura 2), la mayor diversidad de especies de macrolíquenes la presenta *Quercus ilex* (12 parcelas), con el 50% de todas las especies citadas presentes. Esto se debe a que las parcelas con este forófito son las más abundantes y a que, además, se localizan en situaciones geográficas muy diferentes, bajo condiciones ecológicas muy diversas, lo que repercute en una mayor diversidad de líquenes. *Quercus pyrenaica*, con sólo tres parcelas, le sigue en número de especies (40 % del total). Esta especie arbórea se presenta en zonas con mayor humedad que *Q. ilex*, lo que favorece la presencia de abundantes macrolíquenes. De hecho, el promedio de especies de macrolíquenes por localidad de *Q. pyrenaica* (23 especies) es más alto que en *Q. ilex* (20 especies). El resto de Fagaceas presenta un número de especies que oscila entre 19 y 32 por tipo de forófito. Las coníferas, en cambio, presentan un número de especies mucho menor, siendo *Pinus sylvestris* la de mayor diversidad (27 especies), y *P. radiata* la de menor diversidad, con sólo 4 especies de macrolíquenes. Casos particulares son *Eucaliptus globulus*, cuya

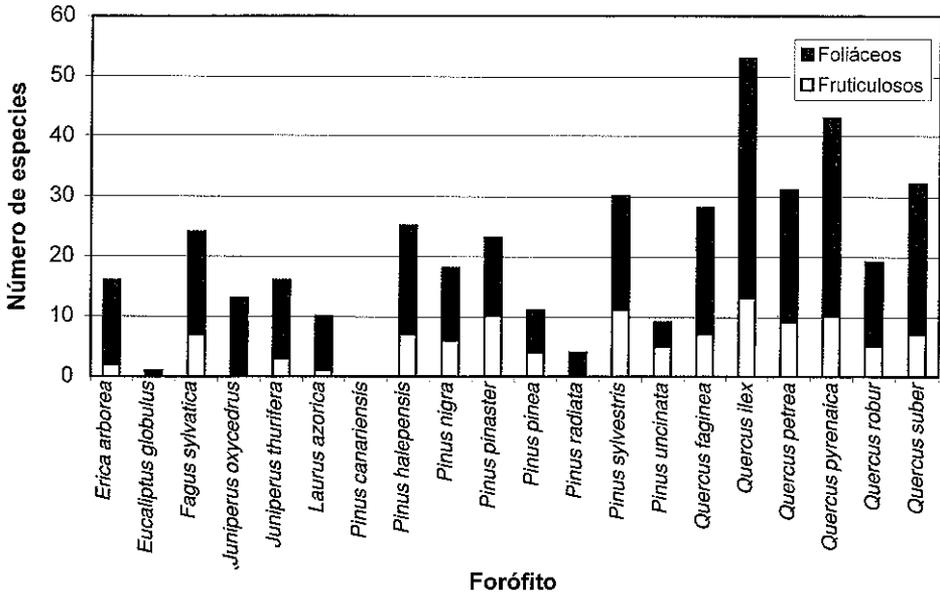


Fig. 2. Número de especies encontradas en cada uno de los forófitos prospectados y proporción de biotipos. [Number of species per tree species and growing form.]

corteza no permite el desarrollo de los líquenes por su inestabilidad (1 única especie), *Erica arborea*, con 15 especies, y *Laurus azorica*, con 10 especies. Sobre estos dos últimos forófitos destacan diversas especies oceánicas que son raras en la Península Ibérica, pero que se encuentran ampliamente distribuidas en la Región Macaronésica.

## AGRADECIMIENTOS

En los trabajos de campo queremos agradecer la ayuda prestada en las recolecciones a Esperanza

Calvo, a Julia Cerveró y al Personal de TECME-NA que nos suministró la información necesaria para la localización de las parcelas. Muy especialmente queremos agradecer a Ramón Montoya el que haya hecho posible la materialización del trabajo, siendo además, desde el primer momento, el más convencido de la importancia del mismo. Por último queremos agradecer a todos los Agentes forestales de las diferentes Comunidades Autónomas su inestimable ayuda en el campo cuando ha sido necesaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, J. & CARBALLAL, R. 1987. Líquenes epífitos de los parques urbanos de la ciudad de Vigo. V Simposio Nacional de Botánica Criptogámica pp. 114.
- BENTO-PEREIRA, F. & SERGIO, C. 1983. Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica II. Utilização de uma escala quantitativa para Lisboa. *Revista de Biologia*, 12: 297-312.
- BUENO, A. (1986). Valoración de la contaminación atmosférica en el área de influencia de Madrid y corredor industrial del Henares mediante líquenes epífitos. Tesis doctoral inéd. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias.

- CALVO, E. (1995). Líquenes como bioindicadores de la calidad ambiental en el Parque Natural de la Font Roja y sierras adyacentes. Tesis de Licenciatura inéd. Universitat de València.
- CARBALLAL, R. & GARCÍA MOLARES, A. 1987. Líquenes epífitos como indicadores de contaminación atmosférica. II. Utilización de una escala cualitativa en la ciudad de Vigo (España). *Lazaroa* 10: 243-251.
- CARBALLAL, R. & LÓPEZ DE SILANES, E. 1985. Estudio base para la valoración de la contaminación atmosférica en la ciudad de Santiago mediante bioindicadores liquénicos. *Trabajos Compostelanos de Biología*, 11: 147-154.
- CRESPO, A. & BUENO, A.G. 1982. Valoración de áreas isocontaminadas en la Casa de Campo de Madrid mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epífitos). *Collectanea Botanica*, 13(1): 276-294.
- CRESPO, A., BARRENO, E., SANCHO, L.G. & BUENO, A.G. 1981. Establecimiento de una red de valoración de pureza atmosférica en la provincia de La Coruña (España) mediante bioindicadores liquénicos. *Lazaroa*, 3: 289-311.
- CRESPO, A., MANRIQUE, E., BARRENO, E. & SERINÁ, E. 1977. Valoración de la contaminación atmosférica del área urbana de Madrid mediante bioindicadores (líquenes epífitos). *Anales del Instituto Botánico Cavanilles*, 34(1): 71-94.
- ETAYO, J. & GÓMEZ-BOLEA, A. 1989. Líquenes y contaminación en Pamplona. *Príncipe de Viana* (Suplemento de Ciencias), 9: 167-195.
- FINNISH ENVIRONMENT INSTITUTE 1998. *Manual for Integrated Monitoring. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. ICP on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems*. Helsinki (draft document).
- GIRALT, M. 1986. *Flora i vegetació dels líquens epífitos del Tarragonès. Aplicació al problema de la contaminació atmosfèrica*. Vilafranca del Penedés: Fundació Antoni i Vicenç Mestres Jané.
- GIRALT, M., LETROUIT-GALINO, M.A. & GÓMEZ-BOLEA, A. 1989. Estimation de la pollution atmosphérique en utilisant les lichens comme bioindicateurs dans le littoral du Tarragonès (Catalogne, Espagne). *Cryptogamie, Bryologie et Lichénologie*, 10(2):131-146.
- HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227:145-148.
- INSAROVA, I.D., INSAROV, G.E., BRÅKENHJELM, S., HULTENGREN, S., MARTISSON, P.-O. & SEMENOV, S.M. 1992. *Lichens sensitivity and air pollution*. Swedish Environmental Protection Agency Report 4007. 72 pp.
- LEBLANC, F. & DE SLOOVER, J. 1970. Relation between industrialization and distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, 48: 1485-1496.
- NASH III, T. (Ed.) 1996. *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge. 303 pp.
- MANGOLD, R. (Ed.) 1998. *Forest Health Monitoring. Field Methods Guide. Forest Health Monitoring, Revision 0, April 1998*. USDA Forest Service.
- NIMIS, P.L. 1993. *The lichens of Italy. An annotated catalogue*. Monografia XII. Museo Regionale di Scienze Naturali Torino. 897 pp.
- NIMIS, P.L., CASTELLO, M. & PEROTTI, M. 1990. Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in the Spezia (Northern Italy). *Lichenologist* 2(3):333-344.

- NIMIS, P.L., CICCARELLI, A., LAZZARINI, G., BARGAGLI, R., BENEDET, A., CASTELLO, M., GASPARO, D., LAUSI, D., OLIVIEREI, S. & TRETACH, M. 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Breganze (VI). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 16: 1-154.
- NYLANDER, W. 1866. Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bulletin de la Société de Botanique de France* 13:364-372.
- NYLANDER, W. 1896. *Les lichens des Environs de Paris*. Paris.
- PURVIS, O., COPPINS, B., HAWKSWORTH, D., JAMES, P. & MOORE, D.(eds.). 1992. *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications & British Lichen Society, London. 710 pp.
- RICHARDSON, D. 1992. *Pollution Monitoring with Lichens*. Naturalists' Handbooks.
- 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.
- RODA, F. 1979. Epífitos y contaminación atmosférica en los alrededores de Sabadell (Cataluña). *Mediterránea* 3: 23-68.
- TERRÓN, A. & BARRENO, E. 1994. Estimation of air pollution in the area of influence of the coal power station at la Robla (León, North Spain) using epiphytic lichens as bioindicators. *Cryptogamie, Bryologie et Lichénologie*, 15(2): 135-151.
- TERRÓN, A. & DÍAZ-GONZÁLEZ, G.T. 1985. Establecimiento de las zonas de isocontaminación en la zona de Ponferrada (León) mediante el empleo de bioindicadores liquénicos. *Actas del VI Simposio Nacional de Botánica Criptogámica*, pp. 138.
- VÁZQUEZ, V. 1981. Líquenes epífitos como bioindicadores de la calidad del aire: cartografía de la contaminación atmosférica en la comarca de Avilés. *Boletín Informativo Medioambiental de Avilés*, 1: 1-87.