

Bioindicadores de la calidad del aire en La Robla (León, noroeste de España) diez años después

Ana Belén Fernández-Salegui (*), Arsenio Terrón Alfonso (*)
& Eva Barreno (**)

Resumen: Fernández-Salegui, A.B., Terrón Alfonso, A. & Barreno, E. *Bioindicadores de la calidad del aire en La Robla (León, noroeste de España) diez años después. Lazaroa 27: 29-41 (2006)*

En la zona de influencia de la Central Térmica de La Robla se ha llevado a cabo un estudio clásico de bioindicación de la contaminación atmosférica, usando líquenes epífitos como herramienta para obtener los valores de IPA (Índice de Pureza Atmosférica), de acuerdo con la propuesta de Ammann & al. (1989) y las modificaciones de Nimis & al. (1989). El estudio se ha realizado en 43 estaciones de muestreo, teniendo todas ellas a *Quercus pyrenaica* como forófito. Los datos obtenidos en campo han sido sometidos a análisis multivariantes de ordenación (Análisis de Componentes Principales) y de clasificación (Análisis Cluster), para poner de manifiesto grupos de similitud entre localidades. Las zonas de isocontaminación se han elaborado utilizando el programa SURFER. Finalmente hemos llevado a cabo un análisis comparado entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los que en su día fueron expuestos por Terrón & Barreno (1994). Se ha puesto de manifiesto un comportamiento de los valores de IPA semejante, ya que las zonas de isocontaminación son comparables, lo que indica que no han existido grandes cambios en la diversidad líquénica en este período de tiempo, pese a que se observa un ligero aumento en las inmisiones de SO₂. Por otro lado, si se ha observado es un aumento en la frecuencia de algunas especies toxitolérantes, favorecidas por el aumento de inmisiones de contaminantes.

Abstract: Fernández-Salegui, A.B., Terrón Alfonso, A. & Barreno, E. *Air quality bioindicators on La Robla (León, NW Spain) ten years later. Lazaroa 27: 29-41 (2006)*

A classic study of bioindication of atmospheric pollution was performed on the surroundings of the power station of La Robla, Spain. Epiphytic lichens were used as a tool to obtain IAP (Index of Atmospheric Purity) values, according to the proposal of Ammann & al. (1989) and the modifications of Nimis & al. (1989). This study was based on 43 sampling stations, being *Quercus pyrenaica* Willd. the phorophyte on which lichens were sampled. Data obtained in the field were subjected to an organization (Principal Component Analysis) and classification (Cluster Analysis) multivariate analysis, to reveal similar groups of lichen vegetation between sampling stations. Isocontamination areas were elaborated using SURFER. Finally, the results obtained with the present study were compared to those obtained by Terrón & Barreno (1994). The IAP values resulted similar as well as isocontamination areas, what indicates that there were no significant changes in the epiphytic lichen vegetation during this time interval, although there was a slight increase in SO₂ immissions. On the other hand, there was an increase in the frequency of some toxitolérant species, favoured by the increase of contaminant immissions.

INTRODUCCIÓN

Desde hace ya algunos años, se está intentando disminuir el progresivo aumento de emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera, sobre todo en áreas fuertemente industrializadas, ante el incremento de los problemas que afectan directa o indirectamente al entorno natural. Para ratificar la eficiencia de los métodos correctores propuestos en fuentes contaminantes, es necesario realizar un control continuo de la calidad del aire.

En las últimas décadas se han dirigido gran número de estudios hacia la búsqueda de indicadores de la calidad del aire, que representan el único modo de integrar y cualificar el grado de calidad del aire de una zona concreta. En el momento en que la reacción de estos indicadores se puede relacionar cuantitativamente con concentraciones de contaminantes en la atmósfera, se convierten en bioindicadores de la contaminación atmosférica.

De entre todos los seres vivos, se ha comprobado que los líquenes epífitos presentan características

* Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. Universidad de León. Campus de Vegazana. E-24071 León. E-mail: dbvafs@unileon.es; dbvata@unileon.es

** Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias Biológicas. Universitat de València. c/ Dr. Moliner 50. E-46100 Burjassot-València. E-mail: Eva.barreno@uv.es

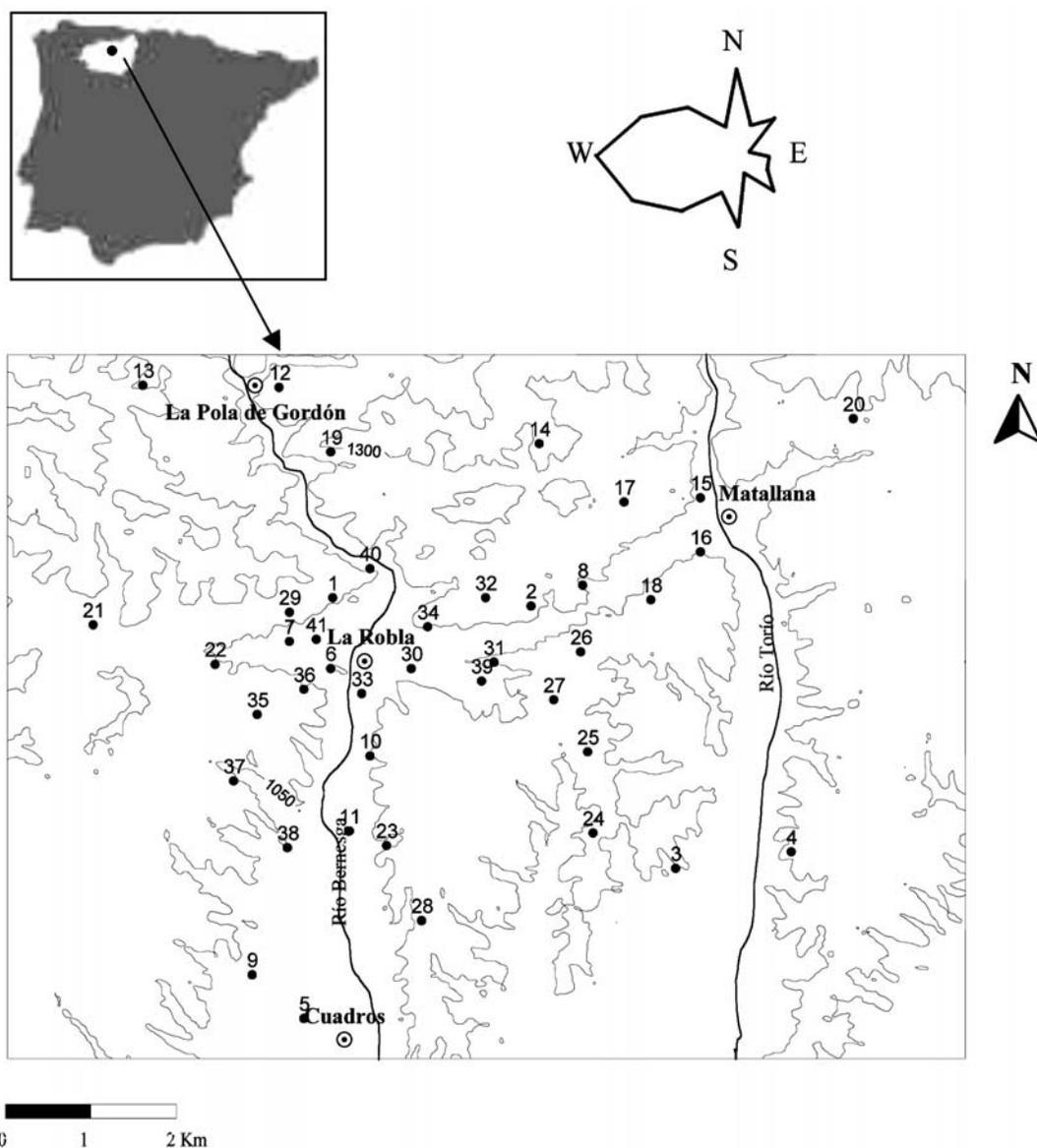


Figura 1.— Zona de estudio. Situación de las 43 estaciones de muestreo y Rosa de los Vientos del territorio (1969-2000) (Observatorio La Virgen del Camino).

que les confieren gran capacidad de bioindicación, ya que presentan menor influencia del sustrato, especialmente los fruticulosos y en menor medida los foliáceos, y están mundialmente reconocidos como los organismos más sensibles frente a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica, actuando como monitores continuos e integradores de las condiciones ambientales y de sus cambios.

La información obtenida con el estudio de los líquenes se cuantifica a través del Índice de Pureza Atmosférica (I.P.A.) que ofrece un valor numérico del nivel de contaminación atmosférica en función del número de especies y de su frecuencia en el área muestreada. Ammann & al., (1987), Liebendorfer & al., (1988) demuestran que la metodología de cálculo del I.P.A. presenta una correlación del 98% entre

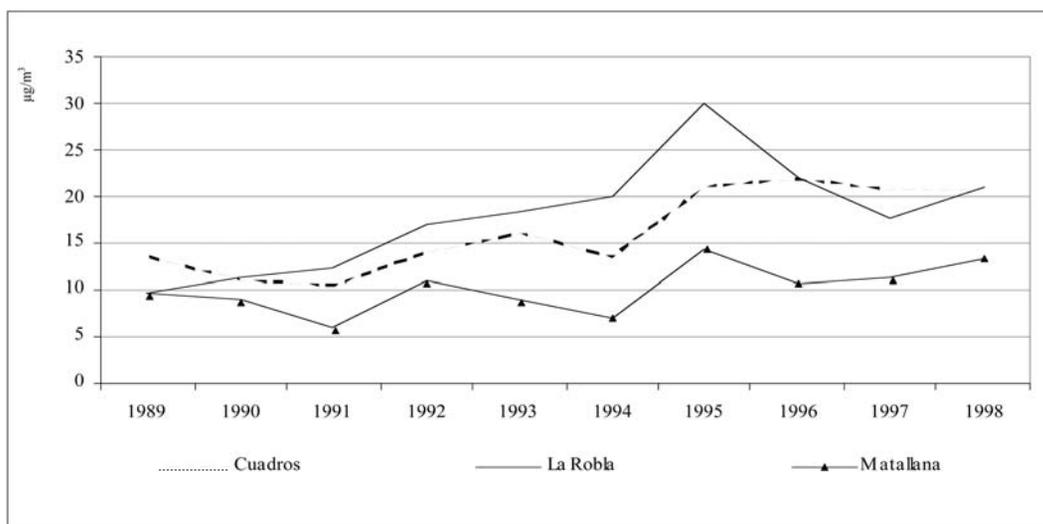


Figura 2.— Valores medios anuales de las inmisiones de SO₂ (µg/m³ en 24 horas) en tres localidades: Cuadros (situada a 8 km. al S de la C.T., localidad 5); Matallana (situada a 10 km. al NE de la C.T., localidad 16) y La Robla (situada a 2 km. al NE de la C.T., localidad 34). (Datos cedidos por la Central Térmica de La Robla y la Junta de Castilla y León).

los datos de inmisión de varios contaminantes y la suma de las frecuencias de las especies presentes en los inventarios. Este hecho sugiere que los líquenes son particularmente sensibles al sinergismo provocado por el efecto integrado de varios contaminantes presentes en la atmósfera al mismo tiempo, y no a cada uno por separado.

En áreas contaminadas, el fitobionte es el primero en mostrar daños, lo que determina que si continúan las condiciones de contaminación, los talos comienzan a mostrar daños visibles hasta producirse la muerte del líquen (Sigal & Johnston, 1986). Cuando se produce esta muerte del talo, los líquenes desaparecen en pocos meses o años (Wetmore, 1982). De este modo, los estudios de biomonitorización repetidos en el tiempo, ponen de manifiesto variaciones en las comunidades líquénicas como resultado de cambios en la calidad del aire (Vokou & al., 1999).

Todo esto nos llevó a plantear un estudio de bioindicación con líquenes epífitos en un territorio sometido al influjo de una potencial fuente contaminante de tipo ácido, el cual había sido objeto de un análisis similar 10 años antes. De este modo hemos podido analizar los cambios ocurridos en la zona en lo que a la calidad del aire se refiere, comparando los resultados obtenidos en la actualidad con los obtenidos en 1994.

MATERIAL Y METODOS

ZONA DE ESTUDIO

El territorio objeto de estudio se sitúa en la zona centro-septentrional de la provincia de León, en los alrededores de la localidad de La Robla (Figura 1) y comprende una superficie de unos 400 km². Dicha zona se encuentra bajo la influencia de la Central Térmica La Robla, en la que existen dos grupos funcionando con una potencia de 270.000 KW y 350.000 KW, desde 1971 y 1984 respectivamente. En la gráfica de la Figura 2 se puede observar la evolución de los valores medios anuales de SO₂ desde 1989 hasta 1998, en tres estaciones integrantes de la red de medida de la contaminación atmosférica existente en los alrededores de la localidad de La Robla (datos cedidos por la C.T. La Robla y la Junta de Castilla y León). En dicha figura podemos observar un ligero ascenso de los valores medios anuales, si bien es importante resaltar la existencia de varios períodos cortos en el tiempo en los cuales se recogen valores puntualmente elevados de contaminantes, aunque estos datos se diluyen en el conjunto de valores anuales.

Geomorfológicamente cabe destacar las formaciones situadas al N de La Robla, constituidas por

Tabla 1
Frecuencia media de las especies presentes en cada estación de muestreo.
(Las estaciones se agrupan en función del análisis de Clasificación y Ordenación).

	Grupo I				Grupo II								Grupo III										
	30	33	34	39	1	2	6	7	8	10	11	22	29	31	32	40	41	5	13	15	17	19	20
<i>Anaptychia ciliaris</i>	0,6	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	0,2	.	.	0,4	.	.
<i>Bryoria fuscescens</i>
<i>Buellia disciformis</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Caloplaca cerina</i>	0,4	.	2,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Caloplaca ferruginea</i>	0,4	.
<i>Candelariella vitellina</i>	.	0,2	5,0	.	3,2	1,6	2,4	2,0	1,6	1,2	1,0	1,6	0,4	0,2	1,6	1,2	1,0	3,4	2,4	1,8	0,8	1,6	.
<i>Cetraria aculeata</i>
<i>Cladonia conista</i>
<i>Cladonia conoidea</i>
<i>Collema subflaccidum</i>	0,8	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Evernia prunastri</i>	0,2	0,2	0,4	0,4	.	.	.	1,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	7,2	1,0	3,2	1,6	1,6	7,0
<i>Hypogymnia physodes</i>	0,2	.	.	.	.	.
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.
<i>Hysterium angustatum</i>	.	1,4	0,8	.	2,2	1,4	2,6	4,8	4,8	1,2	3,0	.	.	.	.	2,0	.	2,2	1,8	2,4	2,0	.	2,0
<i>Lecanora carpinea</i>	1,2	1,0	1,4	1,8	1,6	0,8	.	.	.	.	1,2	1,4	.	1,4	.	3,4	.	1,0	1,0	0,4	1,4	.	1,2
<i>Lecanora chlorotera</i>	1,6	7,4	2,0	3,2	4,0	2,8	4,6	4,6	1,8	6,4	6,2	2,4	4,0	3,0	5,8	5,2	3,0	4,8	5,8	1,6	3,0	5,4	3,2
<i>Lecanora dispersa</i>	2,2	.	1,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora varia</i>
<i>Lecidella elaeochroma</i>	.	.	1,2	1,2	.	2,4	.	0,6	0,6	.	1,4	0,4	2,6	1,4	4,2	2,2	1,2	1,0	4,4	.	1,4	3,0	0,4
<i>Lepraria aeruginosa</i>	0,4	.	.	0,2	.	.	.	.	.	0,8	.	.	1,0	.	0,2	0,8	2,6	.
<i>Mycena corticola</i>	1,2	0,6	1,2	1,2	1,2	2,2	1,2	0,2	1,8	1,2	.	0,6	1,8	1,0	.	2,2	1,8	0,2	.
<i>Ochrolechia pallellescens</i>	0,4	.	.	.	0,4	.
<i>Orthotrichum affine</i>	1,4	2,6	4,0	2,2	0,6	1,0	3,8	2,6	1,8	1,6	1,2	2,0	1,6	2,4	2,6	.	.	2,0	2,4	3,2	2,2	2,4	0,4
<i>Parmelia exasperata</i>	0,8	0,6	0,2	1,6	0,8	.	.	.	5,8	0,2	4,8	3,0	0,4
<i>Parmelia exasperatula</i>	3,2	7,6	4,2	5,2	6,6	6,2	8,0	4,0	0,2	1,4	3,4	1,8	4,2	5,8	5,0	9,0	3,6	6,6	3,6
<i>Parmelia glabra</i>	0,4	.	.	0,6	0,6	0,8	0,2	1,8	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	.	.	1,4	0,8	0,6	.
<i>Parmelia glabratula</i>	0,4	.	.	1,2	2,6	.	.	.	.	.	2,0	0,8	1,0	0,8	.	.	.	5,6
<i>Parmelia quercina</i>	.	.	.	0,2	0,6	0,4	0,8	0,2	.	.	0,4	0,2	0,8	0,8	0,6	2,6	.	1,4	1,4	0,2	0,4	1,8	0,4
<i>Parmelia saxatilis</i>	0,6	.	.	.	.	.
<i>Parmelia subargentifera</i>	.	0,6	.	.	1,4	.	0,6	0,2	.	1,8	0,6	.	0,8	2,4	1,0	.	0,6	0,4	.	.	.	0,4	.
<i>Parmelia subaurifera</i>	3,0	.	.	.	3,6	.	.	.	0,2	1,4	.	0,2	1,8
<i>Parmelia sulcata</i>	1,2	4,6	1,6	2,6	6,6	2,8	6,0	6,8	.	2,4	4,2	3,4	.	9,4	9,4	10,0	9,8	8,2	10,0
<i>Parmelia tiliaceae</i>	.	.	.	10,0	9,8	7,0	9,6	9,6	6,6	9,2	9,6	9,0	5,8	4,6	6,0	10,0	6,6	7,8	7,2	8,4	7,4	9,0	.
<i>Pertusaria albescens</i>	0,4	0,2	.	.	.	1,0	0,2	.	0,8	.	.	.	.	.	.	0,4	0,4
<i>Pertusaria amara</i>
<i>Pertusaria coccodes</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pertusaria flavida</i>	2,0	.	.	0,4	.
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	10,0	10,0	10,0	10,0	0,8	0,8	5,2	3,0	2,6	0,8	.	1,0	8,4	1,2	0,6	.	1,0	0,2	.	.	.	.	.
<i>Phlyctis argena</i>	0,8	0,4	0,2	.	0,8	.	.	.	.	.	.	.	.	0,6	0,8	0,4	.
<i>Physcia adscendens</i>	7,2	5,8	4,0	5,4	2,8	2,8	0,6	5,0	.	7,2	6,8	0,6	5,6	4,2	4,6	5,6	2,2	1,6	1,4	.	0,4	.	1,0
<i>Physcia aioplia</i>	1,6	2,8	0,8	5,6	0,8	2,6	1,6	2,2	1,6	2,6	0,4	1,0	3,6	4,8	3,2	.	1,2	0,4	1,6	.	0,4	1,2	1,2
<i>Physcia stellaris</i>	.	.	.	2,6	.	0,2	.	.	.	.	.	.	1,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Physconia distorta</i>	.	.	.	0,6	0,8	0,4	2,0	0,6	2,6	1,6	0,2	4,6	.	1,2	0,8	.	.	0,6	3,4	1,2	2,2	4,0	5,6
<i>Physconia enteroxantha</i>	.	4,2	0,8	3,4	4,2	1,4	10,0	5,4	6,0	6,8	6,0	6,2	6,8	7,8	6,4	2,4	2,0	5,2	5,0	4,0	6,2	2,8	3,4
<i>Physconia grisea</i>	1,0	3,0	1,6	0,8	.	.	0,8	.	.	0,8	0,8	.	0,6	.	.	1,4	.	.	.	.	.	.	.
<i>Physconia perisidiosa</i>	2,4	2,2	6,6	4,2	4,6	6,8	1,2	3,6	1,4	0,8	3,8	.	2,6	0,4	.	1,4	0,6	4,2	0,4
<i>Physconia venusta</i>	0,4	0,2	.	.	.	.	.	.	0,2	0,6	.	.	.	.	.
<i>Platismatia glauca</i>
<i>Pleurococcus sp.</i>	.	.	1,0	0,6	.	1,0	.	0,8	2,0	0,6	0,2	1,6	1,0	1,0	0,2	8,2	.	1,6	1,0	1,0	1,0	1,2	0,6
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	2,2	.	.	.	.	.	0,4	1,6	0,4	1,0	0,4	1,6
<i>Ramalina farinacea</i>	0,4	0,2	.	1,0	0,2	.	.	.	0,2	0,2	.	.	1,4	.	0,2	1,2	0,6	0,6
<i>Ramalina fraxinea</i>	.	0,2	.	.	1,0	1,2	0,4	1,6	.	.	.	0,6	0,4	1,2	1,8	0,2	0,8	0,8	2,2	0,4	2,0	2,8	0,2
<i>Rinodina corticola</i>	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	0,2	0,2	.	.	1,2	.
<i>Rinodina pyrina</i>
<i>Tretenpohlia sp.</i>	1,8	.	.	0,4	.	.	.	.	0,6	.	0,6	.	.	.	.	.
<i>Usnea florida</i>
<i>Usnea glabrescens</i>	0,2	.	.	0,4	.	0,6	.	.	.
<i>Usnea subfloridana</i>	0,2	1,0	.	.
<i>Xanthoria candelaria</i>	10,0	10,0	1,8	8,2	1,2	.	2,0	.	.	1,0	.	0,4	2,4	2,8	0,8	.	1,0	.	.	.	.	0,8	0,4
<i>Xanthoria parietina</i>	2,8	5,6	4,4	10,0	1,6	2,2	2,6	2,0	0,6	1,0	.	0,2	6,6	3,4	2,8	1,8	2,8	.	0,6	.	.	0,4	.
IPA	39,4	54,8	42,6	55,8	45,2	48,4	62,0	60,2	56,8	63,6	60,6	59,4	60,8	53,8	62,0	52,0	36,0	64,0	70,6	50,8	60,8	68,8	61,4

	Grupo III										Grupo IV									
	21	23	26	27	28	35	36	38	3	4	9	12	14	16	18	24	25	37	42	43
<i>Anaptychia ciliaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bryoria fuscescens</i>	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Buellia disciformis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,2	0,4	.	.	.	.	0,8	.	.	0,6	.
<i>Caloplaca cerina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,6	.	.	.	.	.
<i>Caloplaca ferruginea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Candelariella vitellina</i>	.	0,8	0,4	1,2	2,4	.	0,6	3,8	0,6	7,0	0,2	0,4	.	2,6	4,0	1,2	1,0	2,0	0,2	.
<i>Cetraria aculeata</i>	.	.	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.
<i>Cladonia conista</i>	.	0,2	.	.	.	.	.	.	1,0	.	0,6	1,8	.	.	.	.	0,2	.	.	0,6
<i>Cladonia conoidea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	.
<i>Collema subflaccidum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Evernia prunastri</i>	4,6	4,2	1,4	0,2	0,8	4,6	6,0	5,4	9,8	7,8	4,8	5,6	6,2	1,6	3,8	4,8	5,4	9,2	8,8	7,8
<i>Hypogymnia physodes</i>	.	.	.	.	.	0,4	0,2	0,6	.	.	.	1,0	.	.	.	.	.	0,4	.	.
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	.	1,2	0,2	1,2	.	1,8	0,4	1,2	.	1,6	.	.	.	.	.	1,2	1,0	0,4	.	.
<i>Hysterium angustatum</i>	.	0,8	0,2	1,6	2,0	3,2	0,4	1,6	6,6	3,2	2,2	.	2,4	1,6	.	1,2	1,4	0,6	2,4	1,6
<i>Lecanora carpinea</i>	0,6	.	0,6	2,6	1,2	.	0,2	2,8	1,0	2,4	.	.	1,8	.	3,6	4,0	1,0	0,2	.	0,2
<i>Lecanora chlorotera</i>	3,4	2,2	6,6	5,2	4,0	3,4	4,4	4,8	6,0	5,4	4,6	5,0	5,8	4,2	4,6	3,6	3,6	1,4	3,6	5,2
<i>Lecanora dispersa</i>	.	1,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecanora varia</i>	.	0,8	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lecidella elaeochroma</i>	0,6	.	5,0	1,8	1,6	.	1,8	1,0	2,8	1,4	1,2	0,8	0,8	0,8	4,0	1,0	1,4	0,4	3,0	1,8
<i>Lepraria aeruginosa</i>	.	1,2	0,2	0,8	0,2	.	0,6	0,6	0,6	.	0,6	0,6	0,6	1,0	0,2	1,2	0,4	2,4	0,4	0,8
<i>Mycena corticola</i>	1,6	0,8	2,0	0,8	1,0	.	.	.	1,4	1,2	2,6	0,6	2,0	1,4	1,6	1,4	1,6	.	1,2	2,0
<i>Ochrolechia parella</i>	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Orthotrichum affine</i>	1,6	2,4	1,6	0,8	.	2,4	.	.	1,8	3,4	2,4	3,4	2,4	3,6	1,2	0,8	3,8	0,8	3,2	3,4
<i>Parmelia exasperata</i>	1,4	3,8	2,6	2,0	4,8	3,0	1,8	0,8	0,8	2,0	1,2	5,6	3,0	1,4	4,2	2,8	3,4	.	1,0	3,4
<i>Parmelia exasperatula</i>	8,0	7,2	3,0	4,6	2,0	1,4	5,4	9,4	5,0	4,4	10,0	5,2	3,4	8,2	3,2	0,4	2,2	0,6	8,2	2,0
<i>Parmelia glabra</i>	1,6	0,6	.	0,6	1,6	.	0,2	0,4	0,2	.	0,6	2,4	.	.	.	0,4	.	.	2,2	0,2
<i>Parmelia glabratula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4,4
<i>Parmelia quercina</i>	.	.	0,6	.	3,4	0,6	.	.	.	2,4	.	0,8	0,6	0,2	.	1,6	0,8	.	.	0,4
<i>Parmelia saxatilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,0	.	.	.	.	.	.	0,2	.
<i>Parmelia subargentifera</i>	0,6	.	.	.	.	.	0,6	0,8	.	.	.	.	.	2,8	0,4	.	.	.	.	.
<i>Parmelia subaurifera</i>	1,6	.	2,6	0,2	.	.	0,2	.	.	1,2	.	1,6	2,8	1,4	.	4,0	1,4	1,6	.	0,4
<i>Parmelia sulcata</i>	8,8	8,2	8,4	9,4	9,0	10,0	10,0	8,8	10,0	9,4	9,8	10,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0
<i>Parmelia tiliacea</i>	8,6	9,6	9,0	7,6	10,0	4,4	10,0	5,6	3,2	2,6	1,0	5,0	7,8	6,0	3,6	3,6	1,2	1,0	3,4	3,6
<i>Pertusaria albescens</i>	0,8	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	0,4	.	0,2	.	0,8	0,8
<i>Pertusaria amara</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pertusaria coccodes</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	.	0,2	.	0,2	.	.	.	.
<i>Pertusaria flavida</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,6	.	0,4	.	.	.	.	.
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2,0	0,4	.	.	.	.
<i>Phlyctis argena</i>	1,2	.	.	0,8	.	0,6	0,2	2,8	1,2	0,2	1,4	1,2	0,4	0,6	.	.	0,8	3,0	0,8	2,2
<i>Physcia adscendens</i>	1,4	0,8	3,0	1,6	.	0,8	.	0,6	1,4	1,4	.	0,4	.	.	5,2	4,0	0,6	.	0,2	.
<i>Physcia aipolia</i>	0,6	.	0,2	0,4	1,6	.	.	0,8	.	2,4	.	.	.	0,8	1,6	0,8	1,0	.	0,4	.
<i>Physcia stellaris</i>	.	.	2,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,8	.	.	.	.	.
<i>Physconia distorta</i>	4,8	2,2	2,8	3,8	0,2	1,0	3,0	0,2	6,0	1,0	.	4,0	8,2	1,2	0,4	1,8	3,0	.	8,0	2,8
<i>Physconia enteroxantha</i>	3,6	1,2	3,4	1,8	1,4	0,6	.	2,4	3,4	8,4	9,6	4,6	5,2	5,6	5,0	2,4	5,2	1,6	3,2	6,8
<i>Physconia grisea</i>	.	.	.	.	.	.	.	0,6	.	.	0,8	.	0,4	.	0,4	.	.	.	.	.
<i>Physconia perisidiosa</i>	1,0	.	.	1,2	.	.	0,6	0,8	.	1,0	5,8	0,8	1,0	8,4	.	.	2,0	.	2,0	1,8
<i>Physconia venusta</i>	1,4	.	.	.	2,2	.	.	.	.	.	1,0	.	2,0	0,2	.	.	.	.	2,2	1,2
<i>Platismatia glauca</i>	.	.	.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pleurococcus sp.</i>	1,0	2,0	0,6	0,4	3,0	1,8	0,8	0,8	2,0	.	.	.	0,6	.	0,6	0,6	1,0	.	0,4	0,8
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0,8	2,2	0,4	0,8	.	2,6	3,0	2,0	0,2	1,2	1,0	0,6	.	.	0,4	.	0,4	0,2	0,2	0,2
<i>Ramalina farinacea</i>	1,2	0,2	0,2	0,4	.	0,2	0,6	1,6	2,0	1,8	0,6	1,0	0,6	0,8	1,8	1,8	3,6	0,6	4,2	4,6
<i>Ramalina fraxinea</i>	2,2	.	2,0	1,0	4,2	1,0	1,6	1,4	1,0	1,4	1,4	1,2	2,2	1,2	0,4	1,2	1,0	0,2	4,0	2,0
<i>Rinodina corticola</i>	0,2	0,6	.	.	.	0,8	.	0,6	1,0	1,2	0,2	3,4	.	.	.	0,2	0,2	0,6	.	1,0
<i>Rinodina pyrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tretenpohlia sp.</i>	0,2	.	.	.	.	.	.	.	5,6	.	.	.	0,4	0,4	.	2,4	.	.	.	0,2
<i>Usnea florida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Usnea glabrescens</i>	0,4	.	.	0,2	.	0,2	0,6	.	.	.	.	.	.	.	0,4	0,8	0,8	1,8	4,6	.
<i>Usnea subfloridana</i>	.	0,6	.	.	0,6	0,6	0,4	1,4	.	.	0,8	0,4	0,4	.	.	0,2	.	.	.	2,6
<i>Xanthoria candelaria</i>	.	.	0,4	.	.	.	0,2	.	.	.	.	.	.	.	0,2	1,4	.	.	.	.
<i>Xanthoria parietina</i>	0,2	.	0,6	0,6	.	.	0,6	.	.	1,4	.	0,8	.	0,2	0,6	1,2	.	.	.	.
IPA	64,6	55,8	60,4	53,6	57,6	46,2	51,6	64,0	74,8	78,0	64,8	69,8	72,4	64,8	66,8	61,2	59,8	39,6	79,4	73,8

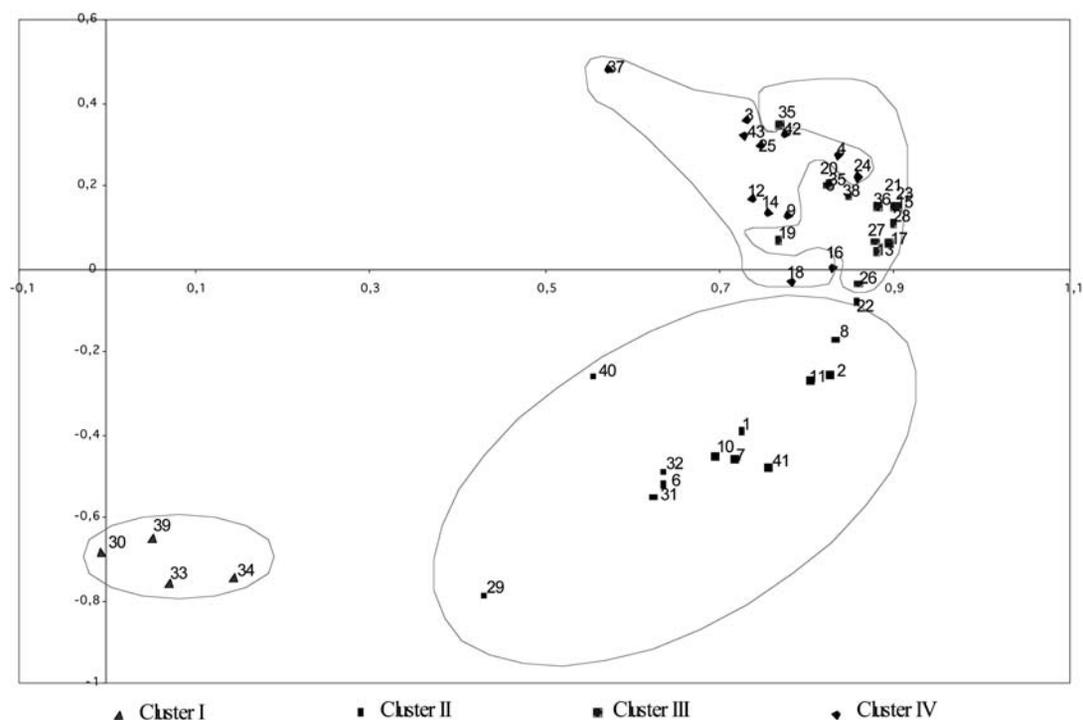


Figura 3.— Análisis de Componentes Principales de las estaciones de muestreo en el que a cada estación se le asigna un símbolo en función del grupo al que pertenece. Los ejes X e Y representan los dos primeros Componentes Principales.

picos de entre 1300 y 1600 m, mientras que al S el relieve es más suave, con altitudes de entre 800 y 1000 m. Además, es importante la presencia del valle del río Bernesga que cruza de N a S, y el valle de Fenar que lo hace de E a W.

Debemos tener en cuenta el régimen de vientos existentes en la zona de estudio (Figura 1), puesto que éste es el principal agente dispersante, siendo dominantes los vientos de componente W y SW.

Las formaciones de *Quercus pyrenaica* Willd, forófito sobre el que se han realizado los muestreos, pertenecen a las series de vegetación *Linario triornithophorae-Quercus pyrenaicae* Sigmetum, y *Festuco braun-blanquetii-Quercus pyrenaicae* Sigmetum (Penas & al., 1995).

METODOLOGÍA

Debido a la evolución metodológica existente en los últimos 10 años, no se ha seguido la misma propuesta de toma de datos y cálculo de IPA que en el trabajo de Terrón y Barreno de 1994. En el presente

estudio hemos seguido la propuesta de Ammann & al. (1989) con las modificaciones introducidas por Nimis & al. (1989), quienes proponen la utilización de una red de muestreo de 30 x 50 cm, compuesta por 10 rectángulos de 10 x 15 cm cada uno. Dicha red se debe situar sobre la zona del tronco con mayor densidad liquénica, a una altura no inferior a 120 cm del suelo. Posteriormente debemos anotar la frecuencia de cada especie en la red de muestreo, o lo que es lo mismo, el número de rectángulos de la red de muestreo en los que aparece dicha especie (min. 1, max. 10). Para calcular el IPA de cada estación se deben sumar las frecuencias de todas las especies presentes en la red de muestreo y dividir entre el número de forófitos muestreados en dicha estación. Esta propuesta intenta minimizar el grado de subjetividad que pudiese existir en versiones anteriores además de estandarizar el procedimiento de la toma de datos a nivel europeo.

La toma de las muestras en cada estación se realizó en melojo o *Quercus pyrenaica* Willd., debido a su distribución más o menos uniforme en la zona de

estudio y a que, de esta forma, aseguramos la uniformidad del sustrato. En cada una de las 43 estaciones, se realizaron 5 inventarios, seleccionándose aquellos árboles que tuvieran un diámetro más o menos semejante (30-40 cm), lo que se asegura que las comunidades líquénicas asentadas en ellos se encuentran bien desarrolladas. Cuando aparecen en las zonas o áreas de muestreo otras criptógamas (briófitos, algas y hongos no liquenizados) los hemos tenido en cuenta para completar con ellos los datos que los líquenes nos aportan.

Las estaciones fueron elegidas basándonos en los resultados obtenidos por Terrón & Barreno, 1994 (datos de campo tomados en 1989) realizados en la misma zona. Con el fin de conocer los valores normales de IPA en la zona de estudio, hemos establecido dos parcelas de referencia, una a 17 Km al oeste (42) y la segunda a 17 km al este (43), por lo que quedan fuera del área delimitada en el mapa de la Figura 1.

Los datos florísticos obtenidos se organizan en una matriz de localidades y especies (Tabla 1), donde la frecuencia de cada especie se expresa como el valor medio de la frecuencia registrada entre todos los inventarios que conforman cada localidad. La matriz obtenida se somete al análisis estadístico multivariante, para lo cual utilizamos el programa STATISTICA 4.5. Se han aplicado las técnicas estadísticas de Ordenación (Análisis de Componentes Principales) y el de Clasificación (Análisis Cluster). Para poner de manifiesto la existencia de grupos de similitud, a través de la formación de grupos homogéneos de estaciones, calculando la Distancia Euclídea, hemos obtenido un Dendrograma, resultante del análisis por ligamiento completo entre pares de localidades. Las técnicas de Análisis de Componentes Principales (ACP) están basadas en la situación de objetos, estaciones de muestreo en nuestro caso, respecto a los ejes de un espacio de una o más dimensiones, obedeciendo a gradientes de vectores de los caracteres utilizados. Así, las muestras se disponen en relación a uno o más gradientes ecológicos representados por los ejes. De esta forma, la representación obtenida responde a las frecuencias relativas de las especies de los distintos grupos de localidades. Las principales diferencias entre los diversos grupos se deben a las especies presentes en ellas y a la abundancia de las mismas.

Para la representación cartográfica de los resultados hemos utilizado el programa SURFER (Golden

Software Inc., 1993, Golden, Colorado, U.S.A.), con el fin de evitar interpretaciones subjetivas.

El método de interpolación utilizado para crear la malla regular de puntos, a partir de estaciones muestreadas dispuestas irregularmente en el área de estudio, se basa en los valores del I.P.A. en las 10 estaciones más próximas al punto de interpolación; la influencia de un punto sobre otro es inversamente proporcional al cuadrado de su distancia. El resultado es una red regular sobrepuesta al área considerada, en base a la cual se pueden elaborar mapas bi- y tridimensionales, sobre los que se pueden representar las diferentes zonas de isocontaminación.

Debido a la complejidad del territorio objeto de estudio, hemos hecho incapié en el muestreo preferente en determinadas zonas, de modo que el mapa resultante fuese lo más semejantes a la situación real posible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN

Al someter la matriz de localidades/especies (Tabla 1) a un análisis multivariante de clasificación y ordenamiento, obtenemos información sobre cómo se agrupan las diferentes estaciones analizadas en función las especies y la frecuencia de las mismas en cada una de ellas.

En el dendrograma (Figura 4) vemos como se establecen dos bloques de localidades, al igual que en el Análisis de Componentes Principales (ACP), en el que los dos primeros ejes explican el 78.8 % de la varianza del sistema.

El primero de estos bloques está formado por las estaciones que soportan una mayor contaminación atmosférica, que se subdivide en dos grupos. El Grupo I se caracteriza por la presencia de *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *X. candelaria* (L.) Th. Fr. y sobre todo *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg con una frecuencia muy alta, especies propias de lugares contaminados y cortezas fuertemente eutrofizadas. Aparecen un total de 22 especies, siendo éste el grupo que presenta una menor diversidad específica y un mayor porcentaje de especies de biotipo crustáceo (31,82%). En el Grupo II se encuentran las especies mencionadas anteriormente pero

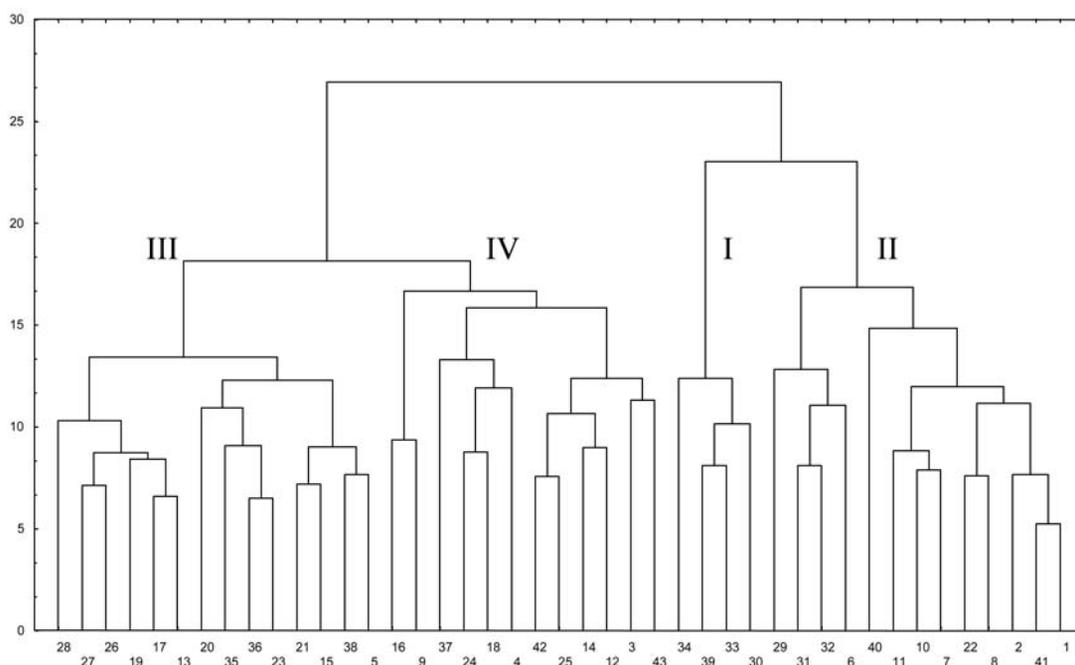


Figura 4. — Dendrograma resultante del Cluster de la matriz representada en la Tabla 1 de estaciones y especies. Cada uno de los números se corresponde con el asignado a cada estación.

con una frecuencia de aparición mucho menor, y además comienzan a encontrarse especies como *Parmelia sulcata* Tayl., *P. exasperata* De Not., *P. tiliacea* (Hoffm.) Ach. y *Evernia prunastri* (L.) Ach., entre otras, especies más toxisensibles, generalmente poco o nada nitrófilas y propias de ambientes menos contaminados. Encontramos este grupo mucho más diverso con un total de 44 especies, con dominancia del biotipo foliáceo (50%) y aumento considerable de especies fruticulosas (13,64%), aunque las especies de biotipo crustáceo siguen estando bien representadas (20,45%).

El segundo de los bloques está formado por las localidades que soportan una menor contaminación atmosférica y que se divide en dos grupos: Grupo III y Grupo IV. En el primero de ellos las especies *Xanthoria parietina*, *X. candelaria* y *Phaeophyscia orbicularis* se encuentran muy poco representadas, aumentando su frecuencia *Parmelia* spp., *Evernia prunastri*, *Usnea* spp., etc... El total de especies encontrado es 53, de las que el 45% son especies de biotipo foliáceo y 16,99% son especies de biotipo

fruticuloso. También se observa un aumento en el porcentaje de especies crustáceas (22,64%) como consecuencia de la aparición de varias del género *Pertusaria*. En este grupo se produce un nuevo incremento de la diversidad específica y se pone de manifiesto el paso de la flora propia de lugares más contaminados hacia aquella de zonas con un grado de contaminación atmosférica muy bajo o nulo. Podemos deducir que se trata de una zona de ecotonía en la cual se entremezclan especies propias de lugares más contaminados con aquellas que caracterizan zonas de mayor pureza atmosférica.

En el Grupo IV se mantienen porcentajes de biotipos semejantes a los del grupo anterior (46% foliáceos, 16% fruticulosos y 20% crustáceos). De un total de 50 especies, se aprecia un dominio en frecuencia y cobertura sobre todo de *Parmelia sulcata* y de *Evernia prunastri*, especies propias de lugares con baja contaminación atmosférica. El número de especies encontradas es de 51, siendo muy baja o inexistente la presencia de las especies propias del Grupo I.

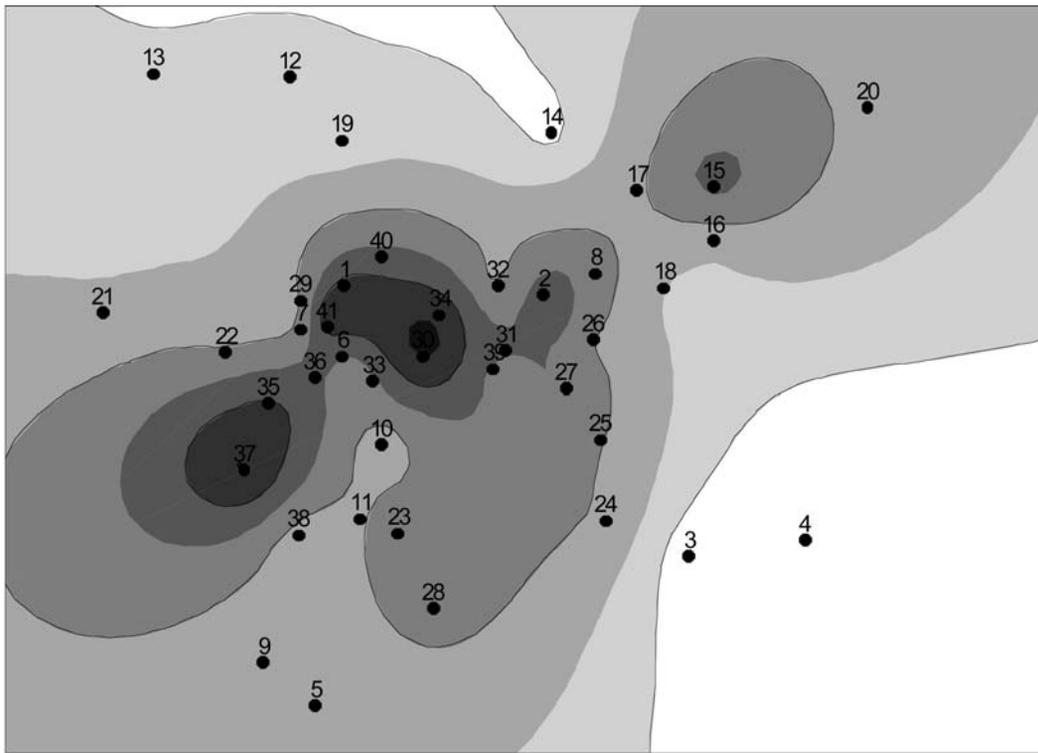


Figura 5.— Mapa de zonas de isocontaminación (final) de la zona de estudio.

ZONAS DE ISOCONTAMINACIÓN

En lo que concierne a la delimitación de zonas de isocontaminación, se utilizan los valores de IPA que van de 36 a 79,4. En el mapa de la Figura 5 se muestra el mapa bidimensional de la zona de estudio con las diferentes zonas de isocontaminación.

Hemos definido 4 zonas de isocontaminación (Figura 5), caracterizadas cada una por un intervalo del IPA de 12 unidades. La amplitud de cada intervalo se basa en la varianza del IPA (Wirth, 1995).

Zona I: Es la más contaminada, y está comprendida entre valores de IPA de 36 y 48. Engloba por un lado la localidad de La Robla y alrededores (1, 30, 34, 35 y 41), y por otro lado una pequeña zona al SW, en el Arroyo del Valle de La Huerca (Estación 37).

Zona II: Medio-alta contaminada, con valores de IPA de 48 hasta 60. Se sitúa rodeando a las anteriores, con mayor profusión hacia el S y SW. Existe igualmente un isleto hacia el E. Esta zona engloba un total de 13 localidades (2, 8, 15, 22, 23, 25, 27, 28, 31, 33, 36, 39 y 40).

Zona III: Es mucho más amplia y se extiende en mayor medida en dirección NE-SW. Presenta valores de IPA de 60 hasta 72, y comprende un total de 20 localidades (5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 26, 29, 32 y 38).

Zona IV: Presenta la mayor calidad del aire, con valores de IPA superiores a 72. Sobre todo se sitúa al SE hacia Fontanos (Estación 3) y al N de la zona de estudio (4, 14, 42 y 43).

En la Tabla 2 se muestran las 4 clases líquénicas propuestas y su relación con las zonas establecidas en función de los valores de IPA y la calidad del aire en cada una de ellas. El área más degradada, la cual soporta la peor calidad del aire, se corresponde con los alrededores de la localidad de La Robla, siendo la zona más influenciada por la actividad humana, en la cual las especies líquénicas presentes son características de ambientes fuertemente antropizados (Clase A o de “supervivencia líquénica”). A medida que nos alejamos hacia el N y W, y más paulatinamente hacia el S y el E, la calidad del aire va mejorando pasando a ser moderada, y se produce un cambio en la flora

Tabla 2
Clases líquénicas, calidad del aire y su correspondencia con los diferentes intervalos de IPA.

Clase líquénica	Zona	Intervalo IPA		Calidad del aire
A Supervivencia líquénica	I	36 ≤ IPA < 48	36 ≤ IPA < 42 	Muy baja
			42 ≤ IPA < 48 	Baja
B Transición de comunidades	II	48 ≤ IPA < 60	48 ≤ IPA < 54 	Baja-moderada
			54 ≤ IPA < 60 	Moderada
C Flora Seminatural	III	60 ≤ IPA < 72	60 ≤ IPA < 66 	Moderada-alta
			66 ≤ IPA < 72 	Alta
D Flora Natural	IV	72 ≤ IPA	72 ≤ IPA 	Muy Alta

líquénica, que se refleja como una zona de “transición líquénica” de especies propias de lugares muy eutrofizados que gradualmente van siendo sustituidas por aquellas que requieren menor eutrofización (Clase B). Finalmente la calidad del aire mejora notablemente, a menos distancia de La Robla en dirección NW y SE, y a mayor distancia hacia el SW y sobre todo hacia el NE. Las especies líquénicas presentes son más sensibles a la contaminación atmosférica encontrándonos con una flora seminatural (Clase C) hasta natural en las zonas de mayor calidad del aire (Clase D).

COMPARACIÓN CON ESTUDIOS ANTERIORES (TERRÓN & BARRENO, 1989).

En la Tabla 3 se muestran los principales puntos de comparación entre el estudio realizado en 1994 (datos de campo tomados en 1989) por Terrón & Barreno y el actual (datos de campo tomados en 1999). Podemos ver como los resultados de ambos trabajos son comparables, lo que evidencia un mantenimiento de las condiciones ambientales en la zona de estudio, pese a que el método empleado sea diferente, los forófitos empleados han pasado de tres

(*Quercus pyrenaica* Willd., *Pinus sylvestris* L. y *Populus nigra* L.) a uno (*Quercus pyrenaica*), y el número de estaciones sea menor, aunque se ha hecho hincapié en aquellas localidades donde existían mayores problemas a la hora de diferenciar las zonas de isocontaminación, basándonos precisamente en el estudio precedente.

Como consecuencia del empleo de dos metodologías diferentes, no podemos comparar los valores de IPA, aunque si analizamos los resultados de estaciones comunes a ambos trabajos (Figura 6), vemos como la correlación es alta, indicando un comportamiento general semejante y sin variaciones importantes en dichas estaciones en los 10 años transcurridos entre ambos trabajos.

Las diferencias en las zonas de isocontaminación cartografiadas se establecen principalmente en la zona I del estudio realizado por Terrón & Barreno, correspondería en gran medida con las dos primeras del trabajo actual, diferencia que queda patente principalmente en las especies presentes como muestran el análisis de ordenación y clasificación.

Por otro lado podemos ver como *Parmelia sulcata* y *Evernia prunastri* se comportan de forma semejante, desapareciendo en las localidades más contaminadas y haciéndose más abundantes a medida que

Tabla 3.
Análisis comparado entre los datos de campo 1989-1999.

	TERRÓN & BARRENO (1989)			FERNÁNDEZ-SALEGUI & TERRÓN (1999)			
Nº estaciones de muestreo	52 en <i>Quercus pyrenaica</i> ; 10 en <i>Pinus sylvestris</i> y 25 en <i>Populus nigra</i>			43 en <i>Quercus pyrenaica</i>			
Zonas de isocontaminación	I, II y III			I, II, III y IV			
Direccionalidad de las zonas de Isocontaminación	E y S			E y SW			
Rango de las zonas de Isocontaminación	<i>Q. pyrenaica</i> : I: 3-6 II: 8,6-11,7 III: 11,9-15,8	<i>P. sylvestris</i> I: 2,5-3,6 II: 4,8-5,1 III: 7,3-8,2	<i>P. nigra</i> I: 3-5,1 II: 5,2-6,8 III: 6,5-10,8	<i>Q. pyrenaica</i> : I: 36-48 II: 48-60 III: 60-72 IV: > 72			
Nº de especies	<i>Quercus pyrenaica</i> : 61; <i>Pinus sylvestris</i> : 38; <i>Populus nigra</i> : 52 72 especies en total			<i>Quercus pyrenaica</i> : 60			
Nº de líquenes total	<i>Quercus pyrenaica</i> : 60; <i>Pinus sylvestris</i> : 37; <i>Populus nigra</i> : 51 69 especies en total			<i>Quercus pyrenaica</i> : 55			
Nº de líquenes en cada zona de isocontaminación (<i>Q. pyrenaica</i>)	I: 27	II: 51	III: 54	I: 22	II: 44	III: 53	IV: 50
Especies indicadoras (<i>Q. pyrenaica</i>)							
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	Especie frecuente en todas las zonas independientemente de la calidad del aire.			Especie presente en todas las zonas de isocontaminación, mostrando la mayor frecuencia en la zona I, y disminuyendo la misma hacia el resto de las zonas.			
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	“			Presente con una frecuencia elevada en la zona I, tendiendo a desaparecer o presentar una frecuencia mucho menor en el resto de las zonas			
<i>Physconia grisea</i> (Lamk.) Poelt	Presente en todas las zonas de isocontaminación, pero mostrando una frecuencia muy elevada en la zona I.			Especie poco frecuente, siendo más abundante en la zona I.			
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	(Citada como <i>Phaeophyscia insignis</i>). Presente en dos estaciones.			Especie con una frecuencia muy elevada en la zona I, disminuyendo en el resto.			
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fümrohr.	Especie presente en todas las zonas de isocontaminación, con mayor frecuencia en la zona III.			Muy frecuente en la zona I, desde donde disminuye hasta frecuencias muy bajas en las zonas III y IV.			
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) Oliv.	Presente sobre todo en la zona III, desde donde va disminuyendo su presencia hasta la zona I.			Presente en todas las localidades, con mayor frecuencia en aquellas que se encuentran en la zona I.			
<i>Parmelia sulcata</i> Tayl.	Frecuente en las zonas II y III, desapareciendo casi por completo en la zona I.			No aparece en la zona I, haciéndolo en la II donde aumenta progresivamente su frecuencia hasta la zona IV.			
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	Especie presente únicamente en las zonas II y III.			“			
<i>Parmelia tiliacea</i> (Hoffm.) Ach.	Muy frecuente en las zonas II y III, con tendencia a desaparecer en la zona I.			Especie ausente en la zona I, que aparece en la zona II, donde muestra su mayor frecuencia, y disminuye hacia las zonas III y IV.			
<i>Ramalina calicaris</i> (L.) Rolh.	Especie frecuente sobre todo en la zona III desde donde muestra una tendencia a la desaparición hacia la zona I.			(Incluida dentro de <i>R. fraxinea</i> (L.) Ach.)			
<i>Usnea florida</i> (L.) Web. Ex Wigg.	“			Presente en todas las zonas de isocontaminación excepto en la zona I donde no aparece.			
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	“			Ausente en la zona I, aparece en el resto incrementando su frecuencia hacia la zona IV			
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	“			“			
<i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.	Especie poco frecuente en general y ausente en la zona I			Especie presente únicamente en las zonas III y IV			

nos alejamos del foco contaminante, lo que parece poner de manifiesto su comportamiento como especies toxisensibles, al menos en este territorio. Estos resultados corroboran los obtenidos por Fernández-Salegui & al. (2002) en este mismo territorio para *P. sulcata*. Lo mismo ocurre con especies más toxitolerantes, como *Xanthoria parietina* y *Physcia aipolia*

que presentan frecuencias de aparición altas en las zonas más cercanas al foco contaminante y a lo largo de las vías de dispersión del penacho contaminante, tanto en el estudio actual como en el realizado en 1989.

Xanthoria parietina y *X. candelaria* aparecen en todas las zonas de isocontaminación, en ambos trabajos, bien representadas. La principal diferencia

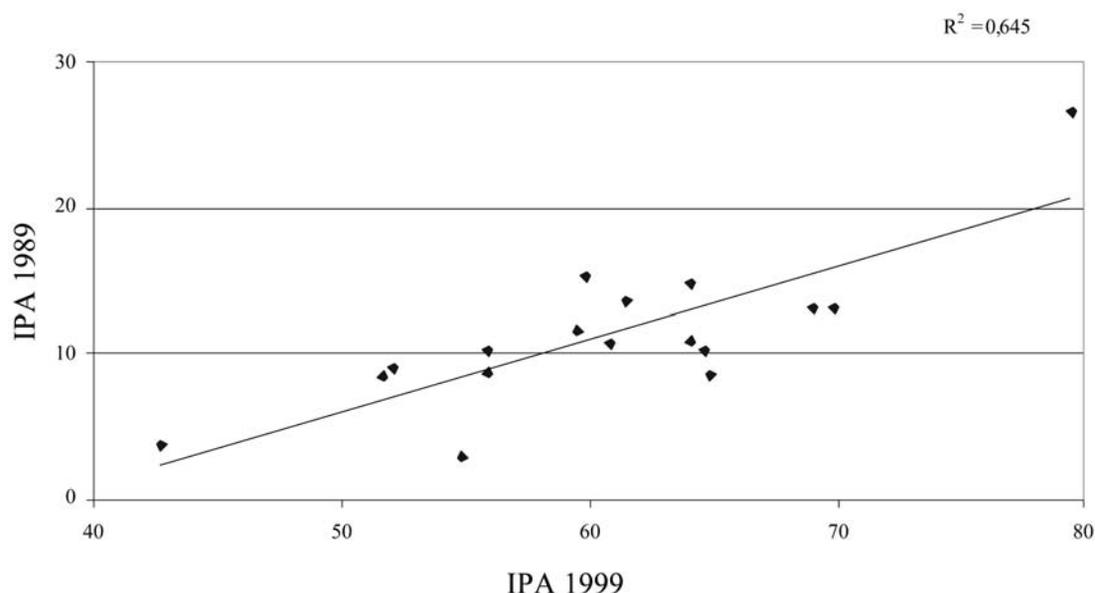


Figura 6.— Correlación entre las estaciones comunes en los estudios de campo realizados en 1989 (Terrón & Barreno) y en 1999 (F. Salegui & Terrón).

estriba en que en el presente estudio ambas muestran una frecuencia en la zona I mucho más elevada que en el resto de las zonas.

Sin embargo, hay especies como *Parmelia tiliacea* que muestran diferente comportamiento desde 1989 hasta nuestros días. En el estudio precedente, aparece mínimamente en la zona I y con mayor profusión en el resto de las zonas. Actualmente hemos observado que esta especie se hace muy abundante a medida que nos acercamos a la localidad de La Robla, desapareciendo totalmente en la zona I. En la zona II se hace muy abundante, disminuyendo dicha frecuencia hacia las zonas III y IV.

Finalmente, cabe destacar el incremento experimentado por *Phaeophyscia orbicularis* (citada como *P. insignis* (Mersch.) Frey. en el primer estudio), especie presente en dos estaciones de melojo en 1989, muy frecuente en las localidades más contaminadas en la actualidad, así como el detrimento sufrido por *Physconia grisea* (Lamk.) Poelt mucho menos frecuente que en 1989.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido delimitar 4 zonas de isocontaminación alrededor de la Central

Térmica de La Robla. Las zonas de menor diversidad líquénica (zona I y II) se corresponden con los alrededores de la central así como a lo largo de las vías de dispersión del penacho procedente de las chimeneas de dicha central. Pese a la baja diversidad líquénica en estas zonas, no se observan localidades dentro del desierto líquénico.

Precisamente son los vientos de componente W, S y N los que dispersan los contaminantes hacia los valles de Fenar y del río Bernesga, situados al este y al sur de la localidad de La Robla. Las zonas con mayor diversidad líquénica (zona III y IV) se encuentran más alejadas de la central y fuera de las vías de dispersión de los contaminantes.

Es importante resaltar el valor indicador de especies como *Parmelia sulcata* y *Evernia prunastri* que se comportan como especies toxisensibles en este territorio, lo que corrobora los resultados de Fernández-Salegui et al., (2002), así como de especies toxtolerantes como *Xanthoria parietina* y *Physcia aipolia*, o de especies intermedias como *Parmelia tiliacea*.

Al comparar el presente estudio con los resultados obtenidos por Terrón & Barreno (Tabla 3), observamos cómo el número de especies es muy semejante, 61 en el primero de los estudios y 60 en el actual, aunque este último cuenta con 9 estaciones menos.

Además, se mantiene la direccionalidad de las diferentes zonas de isocontaminación, ya que entre ambos estudios existe gran coincidencia entre las zonas I y II, aunque en el presente trabajo se añade una zona de isocontaminación más, establecida en función de la mayor dispersión y mayor frecuencia de especies toxitolerantes, más adaptadas y favorecidas

por el ligero incremento observado en las inmisiones de SO₂. Además, aunque en las zonas de isocontaminación actuales no se encuentran tan encajonadas en los valles mostrándose más amplias que las obtenidas en 1989, manteniéndose la direccionalidad que nos indica cuales son las principales vías de dispersión de contaminantes en la zona objeto de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ammann, K., Herzig, R., Libendoerfer, L. & Urech, M. — 1987— Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to Swiss lichen IPA method in Biel and the Swiss plain — In: Boehm, G. & Leuschner, R. M. (Eds.). *Advances in Aerobiology: proceedings of the 3rd International Conference on Aerobiology, August 6-9, 1986, Basel, Switzerland*: 401-406. Birkauer Verlag, Basel, Boston.
- Fernández-Salegui, A.B., Terrón Alfonso, A., Fos, S. & Barreno, E. — 2002— Síntomas de daños por contaminantes atmosféricos en *Parmelia sulcata* Tayl. en la zona de La Robla (León) — *Lazaroa* 23: 7-16.
- Liebendorfer, L., Herzig, R., Urech, M. & Ammann, K. — 1988— Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten - Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen — *Staub, Reinhaltung der Luft* 48: 233-238.
- Nimis, P.L., Ciccarelli, A., Lazzarin, G., Bargagli, R., Benedet, A., Castello, M., Gasparo, D., Lausi, D., Olivieri, S. & Tretiach, M. — 1989— I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio- Thiene- Breganze (VI) — *Boll. Mus. civ. St. nat. Verona* 16: 1-154.
- Penas Merino, A., García, M.E., Herrero, L., Puente, E. & de Godos, M. — 1995— Bioclimatología y vegetación — In: Gallego Valcarce, E., Alonso Herrero, E. & Penas Merino, A. (Eds.). *Atlas del medio natural de la provincia de León*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Diputación de León. Pp. 19-40.
- Sigal, L. L. & Johnston, J.W. — 1986— Effects of simulated acid rain on one species each of *Pseudoparmelia*, *Usnea* and *Umbilicaria* — *Water Air and Soil Pollution* 27: 315-322.
- Terrón Alfonso, A. & Barreno Rodríguez, E. — 1994— Estimation of air pollution in the area of influence of the coal power station at La Robla (León, northwest Spain) using epiphytic lichens as bioindicators — *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 15(2): 135-151.
- Vokou, D., Pirintzos, S. ArG. & Loppi, S. — 1999— Lichens as bioindicators of temporal variations in air quality around Thessaloniki, northern Greece — *Ecological Research* 14 (2): 89-96.
- Wetmore, C.M. — 1982— Lichen decomposition in a black spruce bog — *Lichenologist* 14:267-271.
- Wirth V. — 1995— Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Inmisionen mit Flechten — Flechtenkartierung sur Ermittlung del Luftgütwertes (LGW)-VDI-Richtlinien 3799 Blatt 1.

Recibido 6 marzo 2006

Aceptado 28 junio 2006