Anal. Inst. Bot. Cavanilles 34 (1): 71-94 (1977)

VALORACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL AREA URBANA DE MADRID MEDIANTE BIOINDICADORES (LIQUENES EPIFITOS)

por

A. CRESPO, E. MANRIQUE, E. BARRENO & E. SERIÑA

Abstract. The epiphytic lichens of the urban area of Madrid (about 115 km²) have been studied. 40 stations were selected where air pollution would be the only variable ecological factor. In 95 % of the cases, the selected forophytes were *Robinia pseudoacacia* and *Populus* sp. pl. In each station forophytes in streets and sidewalks or peripherical ones in parks and squares were recorded. Records show only floristic composition of epiphytic lichen vegetation growing on vertical trunks at a heigth range between 1 and 2 m. In each of the 40 stations the LE BLANC & DE SLOOVER's (1970) atmospheric purity index (I A P) was applied, where I A P = Σ_n^1 Q. f/10. With the obtained results, the area studied was mapped in 5 bands so that each band corresponds to a interval of the (I A P).

It has been noticed a clear gradient of increased atmospheric purity index between the more polluted area (Arganzuela, Villaverde) and the north outskirts.

Resumen. Se han estudiado los líquenes epífitos del área urbana de Madrid (unos 115 km²) Se seleccionaron 40 estaciones intentando que el único factor ecológico variable, entre las distintas estaciones, fuera la contaminación atmosférica. Los forófitos elegidos fueron, en un 95 por 100 de los casos *Robinia pseudoacacia* y *Populus* sp. pl. En cada estación se inventariaron 10 forófitos de bordes de calles y avenidas o periféricos en parques y plazas; se tuvo en cuenta solamente la composición florística de la cubierta epifítica sobre troncos verticales a alturas comprendidas entre uno y dos metros

En cada una de las 40 estaciones se aplica el índice de pureza atmosférica de LE BLANC & DE SLOOVER (1970), donde I P A = Σ_n^1 Q. f./10. Con los resultados obtenidos se cartografía el área estudiada en cinco bandas, de tal forma que cada banda corresponde a un cierto intervalo de I P A. A estas bandas las llamamos zonas de isocontaminación.

Se ha observado un claro gradiente de incremento del índice de pureza atmosférica desde la zona más contaminada (Arganzuela, Villaverde) hasta la periferia Norte del casco urbano.

ANTECEDENTES

Desde finales del siglo pasado se reconoció a los líquenes como indicadores de la pureza del aire. A partir de entonces comienza a desarrollarse esta línea de investigación desde distintos puntos de vista. Hoy está demostrado que la contaminación atmosférica afecta a la flora liquénica de forma grave cuando otros seres vivos no muestran aún síntomas de haber sufrido ningún daño. La respuesta de los líquenes es gradual conforme se incrementa el nivel de polución: las especies más sensibles desaparecen con las primeras alteraciones de la atmósfera, al tiempo que, por razones obvias, especies acidófilas pasan a formar parte de la flora urbanícola; si la contaminación sigue aumentando se aprecia una seriación de menor a mayor resistencia entre las especies, llegando a desaparecer todo vestigio de flora liquénica cuando el nivel medio de polución es muy alto.

En los últimos treinta años ha preocupado especialmente la relación causa efecto que se traduce en la desaparición de determinadas especies de líquenes y/o su sustitución por otras, así como las razones fisiológicas y los niveles letales de los diferentes contaminantes posibles. Los conocimientos no son aún satisfactorios, pero hoy se está de acuerdo en que en la respuesta de los líquenes se debe, más que a un factor, al conjunto de las transformaciones fisicoquímicas y biológicas que sufre la atmósfera contaminada. La contaminación, y en particular la urbana, se debe a gran número de causas simultáneas; los gases y sólidos contaminantes son variados y de diversas procedencias. Las condiciones hídricas y térmicas son también ligeramente diferentes en la atmósfera de las ciudades, y ello debe de incidir en la respuesta de los vegetales como también la disminución relativa del número de nichos colonizables por los líquenes.

La validez de la información suministrada por estos bioindicadores está sujeta a una interpretación que es preciso investigar en cada caso; *Lecanora conizaeoides* es considerada como indicadora de contaminación en Inglaterra (HAWKSWORTH, 1971; HAWKSWORTH & ROSE, 1970), Norte de Francia (DELZENNE, 1973, y BON, 1974), Holanda (BARKMAN, 1958 y 1969), Bélgica (DE SLOOVER, 1968), Suecia meridional (SKYE, 1968), etc.; en la región central española la total ausencia de *Lecanora conizaeoides* no puede ser atribuida a la falta de contaminación. Este ejemplo, muy extremo, muestra que el valor indicativo de las especies

es distinto en unas u otras regiones corológicas. Antes de poder reducir un gradiente de polución en un área industrial o urbana a partir de los bioindicadores liquénicos es imprescindible valorar la sensibilidad regional de las especies o deducirla mediante algún método.

Efectos nocivos del SO_2

El efecto que sobre el organismo humano puede llegar a tener el SO_2 (que no es el más peligroso de los posibles contaminantes de la atmósfera) debe considerarse como una grave amenaza. En Londres fue significativo el aumento de la tasa de mortalidad para 715 $\mu gr/m^3$ de SO_2 cuando la concentración de humos alcanzaba los 750 $\mu gr/m^3$. Sin llegar a casos tan extremos, 600 $\mu gr/m^3$ de SO_2 asociados a 300 $\mu gr/m^3$ de humo son ya responsables de numerosos casos de bronquitis crónica. Estos niveles de contaminación se dan en Madrid, sin duda, bastantes días al año. A débiles concentraciones de SO_2 la respiración de los seres humanos se realiza con cierta dificultad y un porcentaje de la población puede sufrir bronquitis.

Según los datos del Ayuntamiento de Madrid, por ejemplo, en 1971 la concentración anual de SO_2 no fue inferior a los 200 $\mu gr/m^3$. Bruselas o Gante, en el mismo año, no superan los 153 y 166, respectivamente. Hemos de añadir, además, que así como en la capital de España la contaminación del aire continúa incrementándose cada año, en otros países industrializados de Europa se observa desde hace, al menos diez, una disminución anual de los niveles de polución, particularmente en las áreas urbanas.

El efecto nocivo del SO_2 se ve incrementado si se asocia a otros contaminantes además del humo; especialmente grave resulta la asociación con otros de carácter ácido, ya que el efecto tóxico aumenta mucho a pH bajo.

Interés y limitaciones

En nuestro trabajo hemos abordado el área urbana de Madrid, prescindiendo de los barrios periféricos donde se sitúan la mayor parte de las industrias; el cinturón industrial madrileño lo incluimos en un trabajo de mayor amplitud, que se halla aún en curso de realización.

Además del interés que tiene para nosotros el estudio de una ciudad considerada como muy contaminada, nos ha movido a realizarlo el hecho de que en la región Mediterránea europea y norteafricana no se había llevado a cabo, según nuestros conocimientos, ningún trabajo de este tipo, de tal manera que, hasta el momento, no teníamos noticia del comportamiento, sensibilidad o resistencia, de las especies liquénicas de nuestra flora. Hemos comprobado que las especies de amplia distribución, más o menos cosmopolitas, tienen, en este sentido, diferente comportamiento aquí que en regiones extramediterráneas.

Las principales limitaciones de trabajo radican en los siguientes hechos:

1. El número de estaciones de control no es lo alto que habíamos intentado debido a la escasez de zonas verdes y el que, las existentes, están constituidas, en su mayoría, por cultivos forestales exóticos, muchas veces resinosos, no aptos para el muestreo. De las más de 200 estaciones que partimos en un principio, sólo 40 han podido ser tenidas en cuenta, por presentar una homogeneidad satisfactoria.

2. Aún cuando nos fueron suministrados por parte del Ayuntamiento datos analíticos, de distintos puntos del área urbana, referidos a concentración de contaminantes, estos datos no han podido ser correlacionados con nuestros resultados por no reunir, en nuestra opinión, condiciones suficientes de fiabilidad, como ya hacemos resaltar en las conclusiones.

3. No se han tenido en cuenta los briófitos.

Datos ecológicos sobre Madrid

Madrid capital está ubicada en el centro de la Península Ibérica, en una encrucijada fitogeográfica de primer orden, es decir, a caballo de dos provincias corológicas distintas (Rivas-Martínez, 1973): Carpetano-Ibérico-Leonesa y Castellano-Maestrazgo-Manchega, tal contacto se realiza entre los sectores Guadarrámico y Manchego. La vegetación potencial madrileña está representada en cualquier caso por los encinares de *Quercus rotundifolia*. En el sector Guadarrámico el dominio climácico del *Junipero-Quercetum rotundifoliae* Rivas-Martínez 1964 y en el Manchego el del *Quercetum rotundifoliae* Br.-Bl. & O. Bolós 1957 «*castellanum*». La altura media de la ciudad es de 550 a 600 m; la precipitación 438 mm anuales, y la temperatura media anual 13,9° C (M $\bar{x}$ 30 años). El clima es de tipo mediterráneo de meseta, es decir,

con un largo período estival árido en que coincide con una elevada temperatura, una humedad relativa del aire muy escasa (Fig. 1). Asimismo las heladas son frecuentes de noviembre a comienzos de abril. Según la clasificación de Thornwaite el clima de Madrid corresponde al subhúmedo mesotérmico de gran sequía estival.

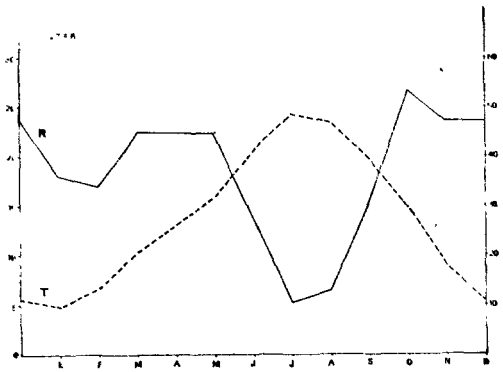


Fig. 1.—Diagrama ombrotérmico de Madrid (M × 30 años).

VEGETACIÓN LIQUÉNICA EPIFÍTICA POTENCIAL

En condiciones naturales la comunidad epifítica que se considera potencial en el piso mediterráneo de meseta (CRESPO, 1973, 1975) es *Parmelietum carporhizantis* Crespo 1975. *Parmelia carporhizans* Tayl. después de una reciente revisión (HALE, 1976) debe considerarse sinónimo de *Parmelia quercina* (Willd.) Vain. y pasar al género *Parmelina* Hale. El nombre correcto de este taxon es actualmente *Parmelina quercina* (Willd.) Hale, y, por consiguiente, la asociación podría también denominarse *Parmelinetum quercinae* Crespo 1975 o incluso *Parmelietum quercinae* Crespo 1975. Se trata de una comunidad de líquenes foliáceos, de estructura abierta y, en su óptimo, pobre en briófitos. En los forófitos que ocupan bordes de caminos, proximidades de núcleos rurales o áreas especialmente frecuentadas por el ganado, la comunidad foliácea más frecuente es *Physcietum ascendentis* Frey & Ochsner 1926. Como asociación pionera en todas las cortezas jóvenes de forófitos no resinosos se encuentra *Lecanoretum laevis* Barkman 1958, extraordinariamente bien representada, con un buen número de especies características.

Este esquema sufre una fuerte transformación en el medio urbano, siendo especialmente importante la gradual desaparición de ciertas especies de la clímax, así como la introducción de otras ausentes en las zonas no urbanas adyacentes como: *Lecanora conizaea*, que sólo aparece en Castilla, en medio rural, sobre corteza de coníferas; *Pseudevernia furfuracea*, normal en las altas montañas próximas sobre *Pinus sylvestris* u otros cultivados, pero no en encinares meseteños, lo mismo que *Hypogymnia tubulosa* e *Hypogymnia physodes*, que también hemos encontrado en el área urbana madrileña.

Conviene señalar la inesperada resistencia a la contaminación mostrada por ciertas especies foliáceas, propias de la clímax, como *Parmelina quercina* (= *Parmelia carporhizans*) y *Parmelia glabra*.

Población, industrias y zonas arboladas

Madrid tiene, en la actualidad, más de cuatro millones de habitantes y una altísima densidad de población, con la sola excepción de unos pocos núcleos residenciales donde la densidad es más baja.

Prácticamente toda la periferia madrileña, salvo el cuadrante noroccidental, está rodeado por un cinturón industrial de fábricas de tipos muy diversos; simplificando, puede decirse que la industria pesada se concentra en el cuadrante S-SW (Villaverde sobre todo) y la de transformación en los dos restantes (NE y SE).

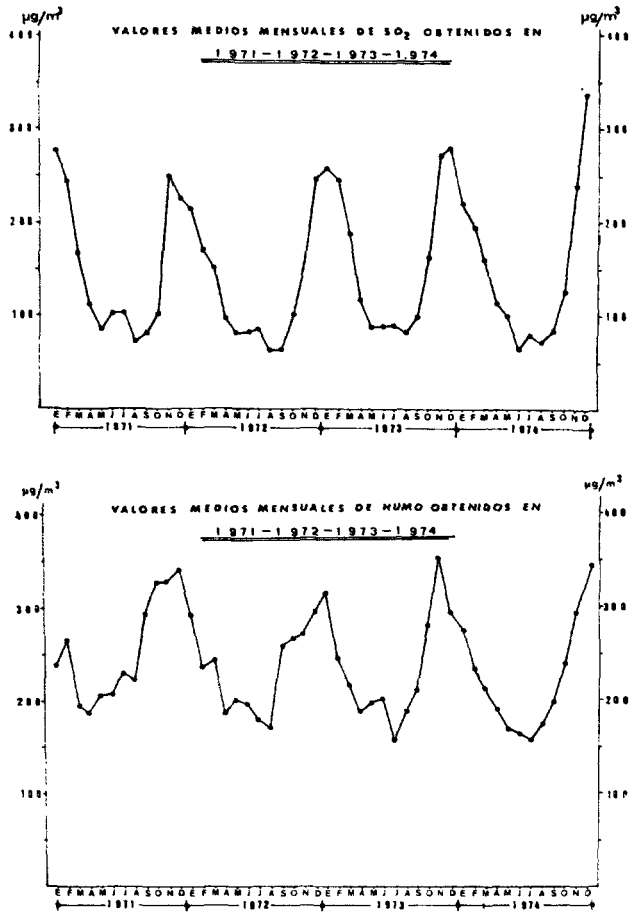
El casco urbano estudiado por nosotros comprende un área de unos 115 km², de los cuales sólo aproximadamente un 10 a 15 por 100 son zonas verdes. Cada vez son menos frecuentes las calles y avenidas arboladas.

El cuadrante noroccidental periférico lo constituye la Casa de Campo, que es un parque seminatural de unos 14 km² que, en principio, no ha sido incluido en este trabajo, salvo en su zona de contacto con el río Manzanares.

Datos de contaminación atmosférica

Las fuentes normales de contaminación en el interior de la urbe son el tráfico rodado y las instalaciones de calefacción; no puede, sin embargo, excluirse la influencia de los gases procedentes de las fábricas

del cinturón periférico, concretamente del núcleo industrial de Villaverde que, como hemos dicho, en parte está constituido por industria pesada. En la dispersión de los contaminantes colaboran los vientos de forma decisiva, dependiendo de la topografía. Las figuras 2 y 3



Figs. 2 y 3.—Según la memoria 1974 del Departamento de Lucha Contra la Contaminación Atmosférica de la Delegación de Saneamiento y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid.

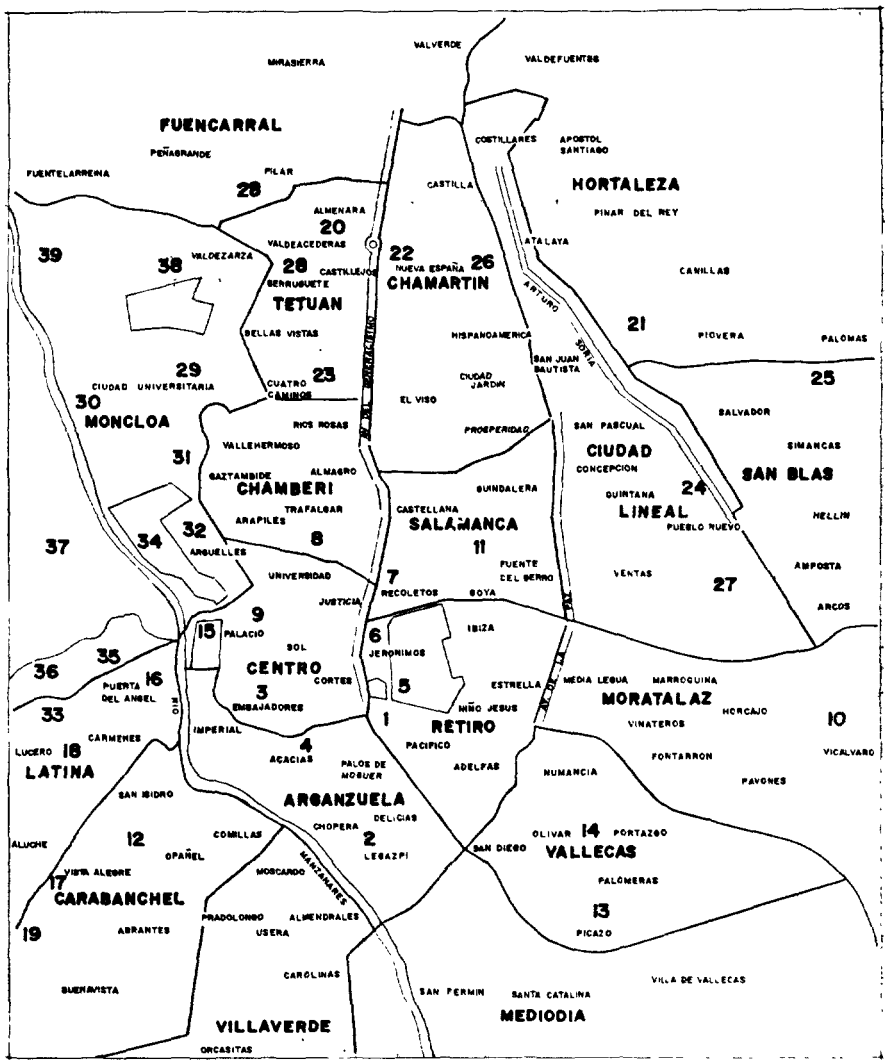
ponen de manifiesto las concentraciones medias mensuales de SO_2 y humos que entre los años 1971 y 1974 soportó el área urbana de Madrid. Estos datos nos fueron suministrados por el Departamento de Lucha contra la Contaminación Atmosférica de la Delegación de Saneamiento

y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid. Hay que advertir que la contaminación real supera mucho tales datos (ver capítulo de conclusiones).

MÉTODOS DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

Hemos intentado, en lo posible, ceñirnos al desarrollado por LE BLANC & DE SLOOVER (1970), tanto en la elección de estaciones y forófitos como en la toma de datos. Este método se aplica únicamente a la flora epifítica, y los autores del mismo señalan como principio básico el que debe tenderse a que el único factor ecológico variable, entre las diversas estaciones, sea la contaminación atmosférica. Ello supone, en primer lugar, que la elección de estaciones ha de hacerse teniendo en cuenta la topografía, orientación, iluminación y situación de los forófitos: en este punto advertimos que solamente se han tomado muestras en los árboles que bordean las calles y en los de localización periférica en parques y jardines. En segundo lugar, para respetar el principio básico aludido arriba, ha de hacerse una cuidadosa selección de los forófitos que se muestrean en cada estación. Las especies arbóreas, no resinosas, más frecuentemente cultivadas en Madrid son acacias (en particular *Robinia pseudoacacia*) y plátanos de paseo (varios táxones del género *Platanus*): estos últimos no albergan, en nuestra región, más epífitos que *Pleurococcus* sp., por la naturaleza delegnable del ritidoma, ni en áreas contaminadas ni en atmósfera pura. Las acacias, sin embargo, son forófitos de comportamiento similar al de árboles autóctonos como fresnos y encinas (CRESPO, 1973) así se desprende del hecho de que contengan los mismos epífitos en ambientes rurales semejantes: otro tanto ocurre con el castaño de indias *(Aesculus hippocastanum)*. Así pues, aunque habría sido preferible la utilización de una sola especie de forófito, nos vimos obligados a considerar las siguientes: ocasionalmente castaños de indias, olmos *(Ulmus pumila* y *U. campestris)*, fresnos *(Fraxinus angustifolia)* y encinas *(Quercus rotundifolia)*, en tanto que la gran mayoría de los inventarios proceden de *Robina pseudoacacia* y chopos (diversos táxones introducidos, del género *Populus)*. Las muestras e inventarios se tomaron en árboles de 25 a 40 cm de diámetro, a alturas comprendidas entre uno y dos metros, sobre troncos verticales. Para trabajar sobre el terreno utilizamos los mapas topográficos 1:25.000 y en casos dudosos 1:2.000.

Posteriormente hicimos coincidir los puntos de las estaciones sobre el plano urbano de escala 1:50.000.


FUENCARRAL
HORTALEZA
CHAMARTIN
TETUAN
MONCLOA
CHAMBERI
CIUDAD LINEAL
SAN BLAS
SALAMANCA
CENTRO
RETIRO
MORATALAZ
LATINA
ARGANZUELA
VALLECAS
CARABANCHEL
VILLAVERDE
MEDIODIA
VALVERDE
VALDEFUENTES
MIRASIERRA
PEÑAGRANDE
FUENTELARREINA
PILAR
ALMENARA
VALDEACEDERAS
VALDEZARZA
BERRUGUETE
CASTILLEJOS
BELLAS VISTAS
CUATRO CAMINOS
CIUDAD UNIVERSITARIA
RIOS ROSAS
VALLEHERMOSO
GAZTAMBIDE
ALMAGRO
TRAFALGAR
ARAPILES
ARGUELLES
UNIVERSIDAD
JUSTICIA
PALACIO
SOL
CORTES
EMBAJADORES
IMPERIAL
CARMENES
LUCERO
PUERTA DEL ANGEL
ACACIAS
PALOS DE MOGUER
SAN ISIDRO
ALUCHE
VISTA ALEGRE
OPAÑEL
COMILLAS
MOSCARDO
PRADOLONGO
ABRANTES
USERA
ALMENDRALES
CAROLINAS
BUENAVISTA
ORCASITAS
CASTILLA
NUEVA ESPAÑA
HISPANOAMERICA
CIUDAD JARDIN
EL VISO
PROSPERIDAD
CASTELLANA
GUINDALERA
FUENTE DEL BERRO
RECOLETOS
GOYA
IBIZA
JERONIMOS
ESTRELLA
NIÑO JESUS
PACIFICO
ADELFAS
DELICIAS
CHOPERA
LEGAZPI
SAN DIEGO
COSTILLARES
APOSTOL SANTIAGO
ATALAYA
PINAR DEL REY
CANILLAS
ARTURO SORIA
SAN JUAN BAUTISTA
SAN PASCUAL
CONCEPCION
QUINTANA
PUEBLO NUEVO
VENTAS
MEDIA LEGUA
MARROQUINA
VINATEROS
HORCAJO
FONTARRON
NUMANCIA
PAVONES
VICALVARO
OLIVAR
PORTAZGO
PALOMERAS
PICAZO
VILLA DE VALLECAS
SAN FERMIN
SANTA CATALINA
PIOVERA
PALOMAS
SALVADOR
SIMANCAS
HELLIN
AMPOSTA
ARCOS
SANTA MARIA DE LA CABEZA
SANTA MARIA DE LA CABEZA
SANTA MARIA DE LA CABEZA

CUADRO NUM 1

IAP = $\frac{1}{10} \sum_n^1 Q \times f$	3,5	3,5	2,8	3,5	5,8	5,2	5,8	5,1	3,6	7,4	6,7	7,2	4,4	5,6	8,7	14	10,9	10,6
Núm. plantas acompañantes	0	0	0	0	3	3	2	2	2	3	2	3	1	2	5	7	6	6
Estaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pleurococcus	5	5	4	5	4	4	5	4	3	5	5	5	4	5	4	4	4	4
Lecanora chlarotera	.	.	.	.	.	1	.	2	1	2	.	2	2	.	.	2	2	.
Lecanora conizaea	.	.	.	.	2	.	2	.	.	2	2	1	.	1	1	.	.	1
Buellia gr. punctata	.	.	.	.	1	1	1	.	.	1	2	.	.	.	.	2	.	.
Parmelina quercina (E.)	.	.	.	.	1	1	.	1	1	.	.	2	.	2	.	.	2	1
Physconia grisea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	2
Xanthoria parietina		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	1
Candelaria concolor	.	.	.	.		.			.		.	.	.	.	.	2	.	.
Parmelia exasperata	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	1	2	1	.
Parmelia sulcata	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Parmelia scortea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Physcia ascendens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2
Parmelia saxatilis	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.
Physcia aipolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pseudevernia furfuracea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypogymnia physodes	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Parmelia glabra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Caloplaca ferruginea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecanora sienae		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Candelariella xanthostigma ...	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lecidea botryosa	.	.	.	.			.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Parmelina quercina (F.)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Physconia enteroxantha	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Physconia venusta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypogymnia tubulosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.
Rinodina sophodes var. lusitanica...	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ramalina farinacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Parmelia subaurifera	.	.	.	.		.	.	.	.		.	.	.	.	.	.		.
Lecanora carpinea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Usnea sp.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ramalina fraxinea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

	11,6	12,9	12,7	10,8	15,4	11	10,8	12,2	24,3	26,1	20,3	20,4	20,6	25,1	21,7	16,7	20,5	43,6	50	35,2	52,3			
	7	6	7	7	6	6	6	6	12	15	12	10	11	14	10	10	11	19	21	16	21			
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	n	Q	Q
	5	4	3	5	5	5	5	4	3	4	5	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	40	7,1	7
	1	1	.	1	.	1	1	.	2	2	2	.	2	2	.	1		.	1	.	2	22	8,2	8
	2	.	1	1	3	.	2	.	3	.	2	2	.	2	2	.	.	.	.	1	.	19	7	7
	.	2	2	.	2	.	1	2	.	2	1	1	2	1	1	.		2	.	2	3	21	8,8	9
	1	2	2	1	2	2	.	2	.	1	.	.	2	2	.	.	2	.	2	.	.	20	7,2	7
	1	3	2	1	.	.	1	2	.	1	1	.	1	2	2	2	2	.	2	1	2	21	10,0	10
	1	.	.	2	2	1	.	2	1	2	1	2	.	2	.	1	2	.	2	.	1	19	9,9	10
	.	.	2	.	.	1	.	.	.	1	.	2	.	1	2	.		2	3	.	2	11	12,4	12
	.	1	1	.	2	.	.	1	2	2	.	2	1	1	.	1	2	1	2	2	1	19	11,0	11
	1	2	.	1	.	2	1	.	.	1	1	.	2	.	2	.	2	1	.	.	2	14	10,2	10
	2	.	.	1	.	1	2	1	1	2	.	1	.	1	2	.	1	1	1	.	1	16	11.0	11
	.	.	1		2	.	.	.	2	.	1	2	.	2	.	2	1	2	2	1	2	14	12.2	12
	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	1	.	.	1	1	2	2	1	.	9	14,1	14
	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	1	.	.		1	1	2	1	.	1	9	14,5	15
	.	.	.		.	.	.	.	.	.	1	1	.	2	1	1	1	1	.	1	2	9	13.6	14
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	4	15,2	15
	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	2	2	.	2	1	.	3	2	2	4	10	14,5	15
	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	1	1	.	.	1	1	1	1	2	10	15,2	15
	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	1	.	1	1		2	1	2	2	10	14,7	15
	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	2	.	.	.	1	.	.	4	14,2	14
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	2	4	19,2	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	1	3	2	2	4	19.2	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	1	1	2	.	3	18.6	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	.	.	1	2	20	20
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	2	18.5	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.		1	2	1	.	3	18,6	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	2	20	20
	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	18,5	19
	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.		.	.	.	.	.	1	.	.	1	2	20	20
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	21	21
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	21	21

Al finalizar la toma de datos se aplicó en cada estación el índice de pureza atmosférica (IPA) propuesto y rectificado sucesivamente por De Sloover & Le Blanc (1968) y Le Blanc & De Sloover (1970). Para cualquier estación IPA = Σ_n^1 Q. $f/10$, donde n es el número total de especies presentes, Q es un factor propio de cada especie en el área investigada y f es la frecuencia-biomasa valorada de 1 a 5. El factor Q se obtiene hallando la media de especies que acompañan a la analizada en todas las estaciones en que ésta se presenta; viene a indicar el grado de sensibilidad, ya que una especie es tanto más sensible cuanto más ricas estadísticamente son las estaciones donde se encuentra.

A título de ejemplo, describiremos el proceso detallado que se sigue en una estación. Hemos elegido la 31, precisamente en la Ciudad Universitaria:

El primer paso consiste en la toma de inventarios. Se eligen al azar diez árboles, que en este caso fueron acacias y chopos. Los resultados fueron los siguientes:

Especie arbórea ...	A	Ch	A	Ch	Ch	Ch	Ch	Ch	Ch	A		
Núm. de inventario.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	f	Q
Pleurococcus sp.	2	4	4	2	1	1	2	2	4	2	3	7
Lecanora conizaea	1	1	2	1	2	.	2	.	1	.	2	7
Buellia gr. *punctata*	.	1	.	2	.	1	1	.	1	.	1	9
Xanthoria parietina	2	.	2	1	1	1	1	1	.	2	2	10
Candelaria concolor	1	2	2	.	3	.	.	1	.	2	2	12
Parmelia exasperata	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	2	11
Parmelia scortea	1	.	2	.	2	.	.	2	.	.	1	11
Physcia ascendens	2	2	.		1		2	2	2	2	2	12
Physcia aipolia	.	.	2	1	1	1	.	.	.	1	1	15
Pseudevernia furfuracea.	.	.	.	1	.		.	1	.	.	1	14
Parmelia glabra	.	1	1	2	.	1	.	.	1	.	2	15

La frecuencia del 1 al 5 tiene en cuenta el número de veces que se presenta cada especie y la abundancia aproximada en toda la estación. Consideramos que éste es un factor demasiado subjetivo que habría que normalizar.

Para deducir el IPA hemos de conocer el valor de Q, y éste sólo puede hallarse cuando se conocen los demás datos de todas las estaciones. Analicemos el caso, por ejemplo, de *Parmelia exasperata*: está presente en un total de 19 de las 40 estaciones (ver cuadro 1) y en cada

estación tiene un número dado de compañeras: Estación 15 = 5 compañeras, E 16 = 7, E 17 = 6, E 19 = 7, E 21 = 6, E 22 = 7, E 24 = 6, E 27 = 6, E 28 = 12, E 29 = 15, E 31 = 10, E 32 = 11, E 33 = 14, E 35 = 10, E 36 = 11, E 37 = 19, E 38 = 21, E 39 = 16, E 40 = 21. La media será, pues, 11. Luego Q para *Parmelia exasperata* en Madrid es 11. El mismo procedimiento se sigue para cada especie.

Los resultados se resumen de la siguiente forma: en el cuadro 1 se representan los datos obtenidos como síntesis de los parciales de las 40 estaciones analizadas, señalándose en el mapa de la figura 4 la situación de las estaciones. En la figura 5, sobre un plano 1:50.000 (reducido a 1/3) se trazan sobre Madrid las curvas de isocontaminación correspondientes a los distintos intervalos de valores del IPA.

Conclusiones

A) En el área urbana de Madrid, en un transecto ideal, desde las zonas de IPA más alto, hasta las de mayor contaminación, se observa una disminución progresiva de la biomasa de líquenes, así como ciertos cambios morfológicos y florísticos que hemos tratado de sistematizar en cuatro grupos o etapas dinámicas:

Grupo 1

Con la aparición de la contaminación, la vegetación epifítica de *Parmelietum carporhizantis*, *Lecanoretum laevis* y *Physcietum ascendentis* comienza a deteriorarse. El primer síntoma parece ser la aparición de *Pleurococcus* (tanto epífito sobre la corteza del forófito como sobre las especies liquénicas presentes en el mismo) y *Lecanora conizaea*. Los grandes talos foliáceos comienzan a manifestar menor vitalidad y con frecuencia sufren micosis. Los talos fruticulosos, bien que raros en la clímax, son prácticamente inexistentes o se desarrollan muy mal. En estas zonas, que ya acusan los efectos de la contaminación, se observa la aparición de especies acidófilas, propias de *Pseudevernienion furfuraceae* Barkman 1958 (*Parmelienion furfuraceae* Barkman 1958, sobre las cortezas neutras o eutrofas, tales como *Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia tubulosa*, *H. physodes*, etc.).

Grupo 2

En esta etapa se aprecia la desaparición de todo vestigio de talos fruticulosos y vitalidad muy reducida en los foliáceos. En la mayor parte de los últimos, y particularmente en *Parmelina quercina* (= *Parmelia carporhizans)*, ocurre una transformación morfológica profunda, bastante constante, que consiste en un plegamiento acusado de las áreas centrales del talo, de forma que parecen reducir al máximo la superficie de contacto con la corteza. En las especies sorediadas, o isidiadas aumenta de tal manera el número y desarrollo de éstos que llegan a cubrir prácticamente todo el talo. En las especies foliáceas fértiles se aprecia una disminución del número de apotecios y, frecuentemente, los que se forman, degeneran antes de adquirir tallas adultas; *Parmelina quercina*, sólo excepcionalmente, muestra rizoides bajo el ascocarpo. En las especies crustáceas no hemos apreciado, a este nivel, ningún cambio detectable con los métodos habituales de observación.

Grupo 3

En esta etapa desaparecen todas las especies foliáceas y simultáneamente la mayoría de las crustáceas, a excepción de *Lecanora conizaea*, *Lecanora chlarotera* y *Buellia* gr. *punctata*, haciéndose muy dominante *Pleurococcus*. Los talos de estas especies liquénicas más toxitolerantes también sufren transformaciones como: una clara tendencia hacia formas leprarioides (particularmente evidenciada por *Lecanora conizaea*) y cierta dispersión de los gránulos talinos, sobre todo *Lecanora chlarotera*.

Grupo 4

En esta etapa no existe ya ningún epífito liquénico, y sólo se presentan, con una alta cobertura, las algas que en sentido amplio denominamos como *Pleurococcus* sp.

B) Después de la aplicación del Indice de pureza atmosférica (IPA) en base a los bioindicadores liquénicos, distinguimos, en el área urbana de Madrid, cinco zonas de isocontaminación (Fig. 5). Como más ade-

lante discutiremos, estas zonas de valoración que nosotros establecemos no corresponden exactamente, por desgracia, a las conclusiones que

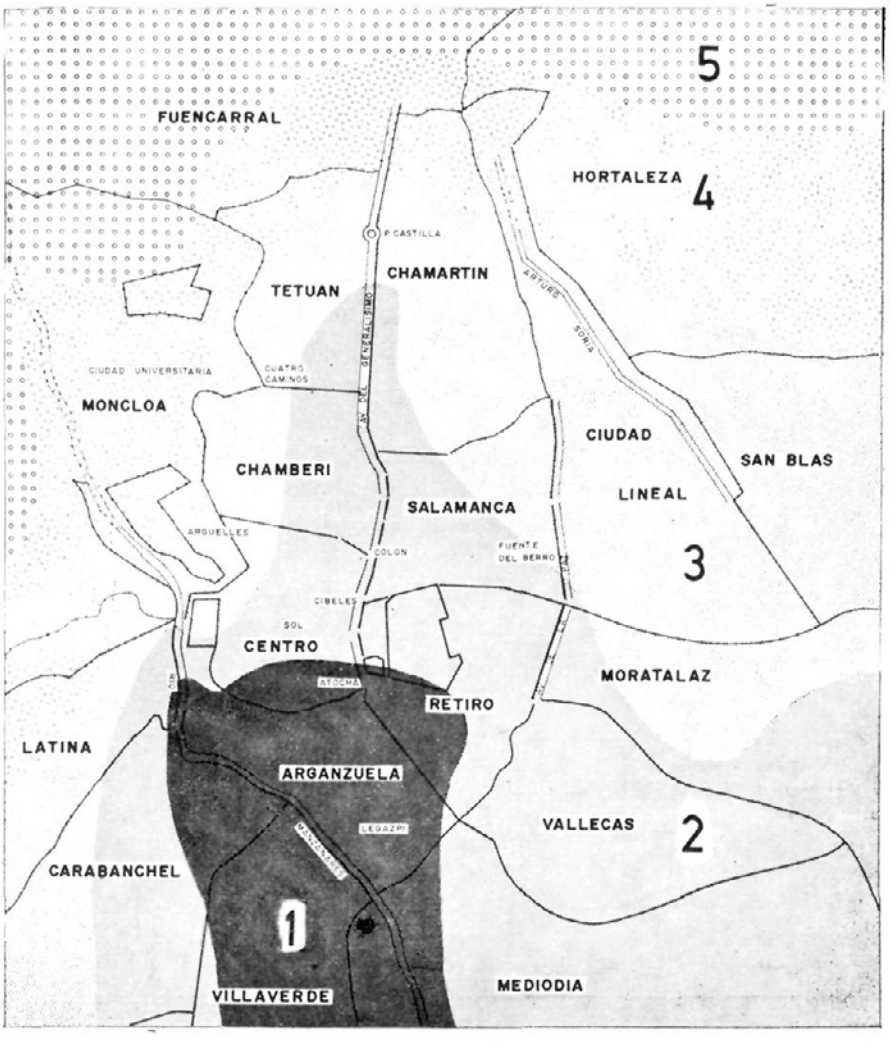


Fig. 5.—Representación de las zonas de isocontaminación (1, 2, 3, 4, 5) en el plano 1:50.000 (reducido).

pueden extraerse de los datos analíticos de concentración de contaminantes que presenta, en sus memorias anuales, el Departamento de Lucha Contra la Contaminación Atmosférica de la Delegación de Sa-

neamiento y Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid; en todo caso, algunos de estos datos, nos fueron amablemente proporcionados por el citado Organismo, y por el indudable interés que ello tiene, para nuestra investigación, hacemos referencia a los mismos.

B.1. *Zonas de isocontaminación*

Pasemos a describir someramente las cinco zonas isocontaminadas que, según nuestros resultados, presenta el área urbana de Madrid:

Zona 1

Es la zona o banda comprendida entre los valores 1 y 4 del IPA (cuadro 1). En este territorio urbano el único epífito presente es el alga verde *Pleurococcus* sp., popularmente conocida con el nombre de «verdín», como hemos dicho anteriormente, y los líquenes hacen crisis total.

Sobre el mapa de la figura 5 puede apreciarse la situación exacta del área ocupada por este máximo de contaminación en el casco urbano madrileño. En el cuadro 2 se detallan los barrios afectados por este nivel de impureza atmosférica.

Hay que señalar que la zona es de alta densidad de población, y se ve surcada por varias calles de gran intensidad de tráfico. Ello, no obstante, pensamos que no sólo el tráfico rodado, instalaciones de calefacción y estructura urbanística, son las responsables del estado insaluble de la misma; tengamos en cuenta que el límite sur de la curva engloba el distrito de Villaverde, donde se ubican una gran cantidad de fábricas productoras de contaminantes diversos. entre otros, plomo. Sin profundizar en problemas socioeconómicos creemos resulta inadecuado el emplazamiento del polígono industrial de Villaverde, el cual queda adyacente a una depresión topográfica, circunstancia que no sería grave si las perturbaciones que traen humedad no llegaran a la capital por el cuadrante S-SW. Todo ello conduce, obviamente, a que el distrito de Arganzuela y, en general, toda el área urbana reciba directamente la influencia de la contaminación generada en este foco industrial.

La memoria de 1974, de la aludida Delegación del Ayuntamiento madrileño, en la página 59, concluye diciendo, que como en años precedentes, la zona de mayor contaminación resulta ser el Distrito de Arganzuela, conclusión que está absolutamente de acuerdo con los datos obtenidos por nosotros, con la salvedad de que, según nuestros resultados también Villaverde se ve afectada por un nivel semejante de polución. Paradójicamente, en la tabla 4, pág. 25 de la misma memoria y de los valores que aquí se exhiben, resulta que el nivel de SO_2 es de 148 $\mu g/m^3$, y el de humus 220 $\mu g/m^3$, valores que son inferiores, con mucho, a los de la Ciudad Universitaria. Como se deduce, estos datos no pueden darse por válidos, más aún, si se considera la contradicción que existe entre las conclusiones y las tablas que el propio Ayuntamiento divulga.

Zona 2

Es la zona o banda comprendida entre los valores 4 y 8 del IPA (cuadro 1). Los epífitos que resisten estas condiciones atmosféricas son, además de *Pleurococcus* sp., *Lecanora conizaea*, *Buellia* gr. *punctata*, *Lecanora chlarotera* y *Parmelina quercina* (estéril). La contaminación es todavía muy alta. La estructura urbanística, densidad de tráfico e instalaciones de calefacción parecen ser aquí las principales responsables del nivel de contaminación; no obstante, la forma de la curva sugiere el que todavía se deje sentir en esta zona el efecto de las industrias de la periferia S-SE.

Para el área madrileña incluida en esta banda, los datos municipales arrojan unos valores de 187 $\mu gr/m^3$ de SO_2 y 352 $\mu gr/m^3$ de humos. No entramos en la discusión de la fiabilidad y homogeneidad de tales análisis, ya que desconocemos las condiciones de toma de datos, en particular la altura sobre el suelo y características técnicas de los observatorios.

Zona 3

Queda definida por valores de IPA entre 8 y 20 (cuadro 1). Los epífitos presentes, además de los ya citados en las zonas más contaminadas, son *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*, *Candelaria con-*

color, *Parmelia exasperata*, *Parmelia sulcata*, *Parmelia scortea* y *Physcia ascendens*. El aumento que se observa en especies foliáceas habla de una mejoría en la pureza del aire; sin embargo, estas especies se encuentran mal desarrolladas y sufriendo infecciones fúngicas. Con relación a otras ciudades donde se han realizado estudios de este tipo, apreciamos una riqueza florística más alta en Madrid que indudablemente se debe a lo favorable del clima seco, que suaviza los efectos de la contaminación ácida. Es interesante observar que en los barrios residenciales de edificaciones bajas y superficies ajardinadas el índice de pureza del aire aumenta por disminuir relativamente las fuentes normales de polución.

Según las fuentes municipales a que nos venimos refiriendo, la zona 3 oscilaría alrededor de 161 µgr/m³ de SO_2 y 290 µgr/m³ de humos, media que hemos obtenido tomando al azar algunas estaciones del Ayuntamiento, encuadradas en esta banda. Puede observarse la falta de homogeneidad que presentan estos datos en relación con los del observatorio de la Ciudad Universitaria, que expresamos en la zona 4. Tal vez esta contaminación se pueda explicar aclarando que mientras que en la zona 3 el Ayuntamiento tiene emplazadas varias estaciones de muestreo, en la 4 sólo tiene la citada de la Ciudad Universitaria.

Zona 4

Es la zona o banda comprendida entre los valores 20 y 30 del IPA (cuadro 1). La contaminación es soportable incluso en invierno, aunque la acidificación del aire que se respira es todavía notable. Las cortezas de los árboles donde se han tomado las muestras, exhiben cambios tales que facilitan la entrada de especies altamente acidófilas (tales táxones no aparecen epífitos sobre los mismos forófitos en ambientes rurales) como es el caso de *Pseudevernia furfuracea* e *Hypogymnia physodes*. En conjunto, la flora liquénica es ya bastante rica.

La estación de observación mensual del Ayuntamiento de la Ciudad Universitaria, única situada en esta banda, soportaría unos valores medios en µgr/m³ de 181 de SO_2 y 322 de humos, según las cifras del año 1974

Zona 5

En esta zona los valores del IPA superan a 30 en todas las estaciones. Puede considerarse como un área débilmente afectada por la contaminación urbana. En comparación con las rurales próximas, hemos de decir que todavía la atmósfera no puede considerarse pura: sigue existiendo una cierta acidez en el aire que provoca el consecuente descenso del pH de las cortezas y la entrada de líquenes acidófilos, como *Hypogymnia tubulosa*; tampoco la biomasa y desarrollo de la cubierta epifítica llega a alcanzar el óptimo. No hemos fijado el límite de esta zona, ya que escapa del ámbito del presente trabajo.

Todavía estimamos que podrían separarse varias zonas más en los medios rurales y seminaturales de la provincia de Madrid, alejados de los focos de contaminación urbana e industrial.

B.2. *Sectorialización de Madrid*

En función de las zonas de isocontaminación reconocidas hemos confeccionado el cuadro 2, en el que se ha tratado de hacer una aproximación a la valoración de la pureza atmosférica de los distritos y barrios de la ciudad. Estimamos que los de las zonas 1 y 2 muestran una alta insalubridad y peligrosidad real.

Relación de los táxones nombrados en el texto

Aesculus hippocastanum L.
Buellia punctata (Hoffm.) Massal.
Caloplaca ferruginea (Huds.) Th. Fr.
Candelaria concolor (Dicks.) Stein.
Candelariella xanthostigma (Pers.) Lett.
Fraxinus angustifolia Vahl.
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav.
Lecanora carpinea (L.) Vain.
Lecanora chlarotera Nyl.
Lecanora conizaea (Ach.) Nyl.
Lecanora conizaeoides Nyl.
Lecanora sienae B. de Lesd. (= *L. laevis* Poelt)
Lecidea botryosa (Fr.) Th. Fr.
Parmelia exasperata (Ach.) DN. (= *P. aspera* Massal, *P. aspidota* (Ach.) Poetsch.)
Parmelia glabra (Schaer.) Nyl.
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia scortea Ach.
Parmelia subaurifera Nyl.
Parmelia sulcata Tayl.
Parmelina quercina (Willd.) Hale

CUADRO NÚM 2

Distritos Municipales	Barrios				
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Arganzuela.....	Imperial, Acacias Palos de Moguer, Delicias, Chopera, Legazpi				
Villaverde	Carolinas, Usera, Pradolongo, Almendrales, Moscardó				
Retiro.....	Pacífico	Niño Jesús, Jerónimos, Estrella, Adelfas, Ibiza			
Mediodía..	San Fermín	Santa Catalina, Villa de Vallecas			
Centro.....	Embajadores	Cortes, Sol, Justicia, Universidad	Palacio		
Carabanchel.....	Canillas	San Isidro, Opañel, Puerta Bonita, Vista Alegre, Abrantes	Buena Vista		
Vallecas.....		San Diego, Olivar, Numancia, Portazgo, Palomeras, Picazo			
Moratalaz.....		Media Legua, Pavones, Vicálvaro	Marroquina, Vinateros, Horcajo, Fonta-		

Latina..	Puerta del Angel, Cármenes	Aluche		
Salamanca....	Recoletos, Goya, Castellana, Lista	Guindalera, Fuente del Berro		
Chamberí.....	Trafalgar, Almagro, Ríos Rosas	Arapiles, Gaztambide, Vallehermoso		
Tetuán.....	Cuatro Caminos	Bellas Vistas, Berruguete, Castillejos, Almenara	Valdeacederas	
San Blas.....		Salvador, Simancas, Hellín, Amposta, Arcos, Canillejas		
Ciudad Lineal.....		Colina, San Juan Bautista, San Pascual Concepción, Quintana, Pueblo Nuevo, Ventas	Costillares, Atalaya	
Chamartín.....		Nueva España, Hispanoamérica, Ciudad Jardín, Prosperidad, el Viso	Castilla	
Moncloa.		Argüelles	Ciudad Universitaria	Valdezarza
Fuencarral			Pilar	Fuentelarreina, Peña Grande, Mirasierra, Valverde
Hortaleza...			Apóstol Santiago, Pinar del Rey, Canillas, Piovera, Palomas	Valdefuentes

Physcia aipolia (Ehrh.) Hampe
Physcia ascendens Bitt.
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt
Physconia grisea (Lam.) Poelt
Physconia venusta (Ach.) Poelt
Pinus sylvestris L.
Platanus L.
Pleurococcus Menegh.
Populus L.
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Quercus rotundifolia Lam.
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ramalina fraxinea (L.) Ach.
Rimodina sophodes (Ach.) Massal. var. *lusitanica* H. Magn.
Robinia pseudoacacia L.
Ulmus campestris L.
Ulmus pumila
Usnea Wigg. em. Ach.
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Prof. S. Rivas-Martínez, bajo cuya dirección y estímulo hemos puesto en marcha en nuestro laboratorio la línea de investigación de que es fruto este trabajo. Al Prof. J. R. De Sloover, que nos dedicó su tiempo, experiencia y conocimientos: a él y a todo el equipo del Laboratorio de Ecología Vegetal de la Facultad de Botánica de la Universidad Católica de Louvain reiteramos nuestro más sincero agradecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Ahmadjian, V. & Hale, M. E. — 1973 — The Lichens — Academic Press. London and New York.

Barkman, J. J — 1958 — Phytosociology and Ecology of cryptogamic epiphytes — Assen-Netherlands.

Barkman, J. J. — 1969 — The influence of air pollution on bryophytes and lichens — Air pollution: 197-209. Wageningen-Netherlands.

Bon, M. — 1974 — Lichens et pollution atmosphérique en Picardie occidentale — Société Linnéenne du Nord de la France (sin paginar).

Brodo, I. M. — 1961 — Transplant experiments with corticolous lichens using a new technique — Ecology. 42 (4): 838-941.

Brodo, I. M. — 1966 — Lichen growth and cities: a Study on Long Island. New York — Bryologist. 69 (4): 427-449.

Brodo, I. M. — 1972 — Lichens and Cities — International Symposium on Identification and Measurement of Environmental Pollutants — B. Westley (Ed.) National Research Council-Ottawa. 325-328.

Brown, D. H., Hawksworth, D. L. & Bailey, R. H. — 1976 — Lichenology: progress and problems — Academic Press. London. New York, San Francisco.

Crespo, A. — 1973 — Contribución al conocimiento florístico y ecológico de los líquenes epifitos de la Sierra de Guadarrama — Tesis doctoral (méd.), Facultad de Ciencias Biológicas. Madrid.

Crespo, A. — 1974 — Vegetación liquénica epifítica de los pinares de la Sierra de Guadarrama — Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 31 (2): 5-13. Madrid.

Crespo, A. — 1975 — Vegetación liquénica epifita de los pisos mediterráneos de meseta y montano ibero-atlántico de la Sierra de Guadarrama — Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 32 (1): 185-197, Madrid.

Delzenne-Van Haluwyn, Ch. — 1973 — Contribution à l'étude de la distribution des lichens épiphytes dans le Nord de la France — Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Lille II. Unite d'enseignement et de recherche de Pharmacie.

Departamento de Lucha contra la Contaminación Atmosférica de la Delegación de Saneamiento y Medio Ambiente del Excmo. Ayuntamiento de Madrid. Memoria 1974.

De Sloover, J. R. — 1967 — Pollution atmosphérique et tolérance spécifique chez les lichens — Bull. Soc. Bot. France, Mémories 1969: 205-217.

De Sloover, J. R. & Le Blanc, F. — 1968 — Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity — Proc. Symp. Recent Advances in Tropical Ecology: 42-56.

De Sloover, J. R. & Le Blanc, F. — 1970 — Pollutions atmosphériques et fertilité chez les mousses et chez les lichens epiphytiques — Bull. Ac. Soc. Lorraines des Sciences, 9 (1): 82-90.

Ferry, B. W., Baddeley, M. S. & Hawksworth, D. L. (eds.) — 1973 — Air pollution and Lichens. London

Hale, M. E., Jr. — 1976 — A monograph of the Lichen Genus Parmelia Hale (Parmeliaceae) — Smithsonian Contributions to Botany, 33: 1-60.

Hawksworth, D. L. — 1971 — Lichens as litmus for Air Pollution: a historical review. Inter. J. Environmental Studies, 1: 281-296.

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

Johnsen, J. & Søchting, U. — 1973 — Air pollution influence upon the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area — Oikos, 24: 344-351.

Johnsen, J. & Søchting, U. — 1976 — Distribution of Cryptogamic Epiphytes in a Danish city in relation to Air Pollution and Bark Properties — The Bryologist, 79 (1): 86-92. The Ronald Press Company, New York.

Laundon, J. R. — 1967 — A study of the Lichen flora of London — Lichenologist, 3: 277-327.

Le Blanc, F. — 1961 — Influence de l'atmosphère polluées des grandes agglomerations urbaines sur les épiphytes corticoles — Rev. Can. Biol., 20: 823-827.

Le Blanc, F. & De Sloover, J. R. — Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal — Can. Journal of Botany, 48 (7): 1485-1496.

Mudd, J. B. & Kozlowsk, T. T. (eds.) — 1975 — Responses of Plants to Air Pollution. Academic Press, New York, San Francisco, London.

Nash III, T. H. — 1973 — Sensivity of Lichens to sulphur dioxide — The Bryologist, 76. 333-339.

Ozenda, P. & Clauzade, G. — 1970 — Les Lichens. Etudes biologique et flore illustree — Masson et Cie., Paris

Poelt, J. — 1969 — Bestimmungsschlussel Europaischer Flechten. Cramer.

Rivas-Martinez, S. — 1973 — Avance sobre una sintesis corologica de la Peninsula Iberica, Baleares y Canarias — Anal. Inst. Bot. Cavanilles, 30: 69-87. Madrid.

Skye, E. — 1968 — Lichens and air pollution — Acta Phytogeographica Suecca, 52: 1-123.

Søchting, U. & Johnsen, I. — 1974 — Changes in the distribution of epiphytic lichens in the Copenhagen area from 1936-1972 — Bot. Tidsskr., 69. 60-63.

Zahlbrukner, A. — 1922-1940 — Catalogus lichenum universalis. 1-10. Leipzig

Departamento de Botánica
Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
Madrid