

## **Determinación de la contaminación atmosférica en la ciudad de Pontevedra mediante bioindicadores líquénicos**

D. GONZÁLEZ-TORRES, M. E. LÓPEZ DE SILANES & G. PAZ-BERMÚDEZ

*Departamento de Enxeñería dos Recursos Naturais e Medio Ambiente. E.U.E.T. Forestal. Universidade de Vigo. Campus A Xunqueira. 36005 Pontevedra. diana.torres@caramail.com*

*(Recibido, junio de 2006. Aceptado, octubre de 2006)*

### **Resumen**

GONZÁLEZ-TORRES, D., LÓPEZ DE SILANES, M. E. & PAZ-BERMÚDEZ G. (2006). Determinación de la contaminación atmosférica en la ciudad de Pontevedra mediante bioindicadores líquénicos. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **15**: 37-46

Con este trabajo se pretende establecer el grado de contaminación atmosférica actual de la ciudad de Pontevedra utilizando los líquenes como bioindicadores. Para ello se aplicaron la escala cualitativa propuesta para Galicia por CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES (1987-88) y el Índice de Biodiversidad Liquélica (IBL) de NIMIS (1999). Se comparan los resultados obtenidos con estos métodos en 2004, con los estudios realizados en 1988 en esta misma ciudad por GARCÍA-MOLARES, mostrando en ambos casos una baja contaminación. Se propone una modificación de la nomenclatura de la escala cualitativa propuesta para Galicia (CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES, 1987-88) y la inclusión de dos nuevos taxones. Asimismo se elabora un catálogo de líquenes epífitos de la ciudad que incluye 89 taxones. Entre ellos se cita por primera vez *Parmeliopsis minarun* para la Península Ibérica y *Lepraria umbricola* para Galicia.

**Palabras clave:** Líquenes, epífitos, contaminación, bioindicadores, Pontevedra, España.

### **Abstract**

GONZÁLEZ-TORRES, D., LÓPEZ DE SILANES, M. E. & PAZ-BERMÚDEZ G. (2006). Determination of air quality in Pontevedra (Galicia) using lichens as bioindicators. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **15**: 37-46

This study establishes the gradient of present atmospheric pollution in Pontevedra using lichens as bioindicators. A qualitative scale proposed to the Galician region (CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES, 1987-88) and IBL method (NIMIS, 1999) were employed to estimate air quality. Results obtained in 2004 were compared with other studies made in the same city in 1988 by GARCÍA-MOLARES. The scale proposed to Galicia in 1987-88 as also revised and the inclusion of two new taxa was suggested. A summary of the epiphytic lichens from Pontevedra was included, where 89 taxa were obtained, with a first citation of *Parmeliopsis minarum* to the Iberian Peninsula and *Lepraria umbricola* a first citation to Galicia.

**Keywords:** Lichens, epiphytes, pollution, bioindicators, Pontevedra, Spain.

### **INTRODUCCIÓN**

Los líquenes son un grupo de organismos sensibles a la contaminación. Esta sensibilidad se

traduce en una disminución del número, cobertura y fertilidad de las especies dentro de las ciudades, que provoca una zonación característica ya descrita por SERNANDER (1926) el cual establece 3 zonas

diferentes: verdadero desierto liquénico, una zona de combate o transición y una zona rural. Diferentes estudios permiten relacionar esta zonación con el gradiente de polución atmosférica el cual además provoca alteraciones tanto morfológicas y estructurales como fisiológicas y ecológicas en los líquenes. Estos cambios motivaron que hayan sido utilizados como bioindicadores del grado de contaminación atmosférica.

En la Península Ibérica el primer trabajo publicado sobre este tema fue el de CRESPO *et al.* (1977). Desde ese año hasta la actualidad han sido numerosos los trabajos realizados. Destacamos la Tesis Doctoral de FERNÁNDEZ-SALEGUI en 2004. Los estudios realizados en Galicia dirigidos a establecer la contaminación atmosférica mediante bioindicadores son los de CRESPO *et al.* (1981), BRAVO (1982), LÓPEZ DE SILANES (1982), GARCÍA-MOLARES (1985) e IGLESIAS (1988); entre ellos destaca la Tesis Doctoral de GARCÍA-MOLARES (1990) ya que en ella se analiza la contaminación a través de los líquenes en las ciudades más importantes de Galicia, entre las que se encuentra la ciudad de Pontevedra. Esto nos ha permitido realizar un estudio comparativo con los datos que hemos obtenido en la actualidad.

Pontevedra está situada en el fondo de la Ría de su mismo nombre, sobre un pequeño promontorio granítico rodeado por los ríos Lérez, Alba y Tomeza. Presenta un clima Atlántico Europeo, caracterizado por ser templado, siempre húmedo y con una estación fría corta. Los vientos dominantes presentan dirección N en todas las estaciones del año, siendo en verano también importante la dirección SO (18%) y en invierno la dirección S (10%).

En cuanto a su tamaño es una ciudad pequeña (con 79.372 habitantes censados en 2005), con más de 60 empresas instaladas en el polígono do Campiño que presenta una extensión de 343.291 m<sup>2</sup>. Las empresas con mayor incidencia en la calidad del aire de la ciudad son ENCE y ELNOSA, situadas a 2 ó 3 Km hacia el sur de la misma y a orillas de la ría. Según los datos del Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (<http://www.eper.eea.eu.int/>) sus procesos industriales emiten partículas y gases a la atmósfera como son

los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) responsables del mal olor (436 Tm/año), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) (304 Tm/año) y PM10 (materia particulada de menos de 10 µm) con un valor de 213 Tm/año. Los vientos dominantes durante la mayor parte del año tienden a alejar estos contaminantes fuera de la ciudad, por lo que el foco de contaminación más importante, *a priori*, es el del tráfico rodado y las calefacciones. Además, estas empresas también emiten contaminantes a las aguas de la ría de Pontevedra, siendo la más contaminada de Galicia (LEÓN, I., 2005) con valores de Mercurio por encima de los límites permisibles (más de 1 ppm).

Se han intentado utilizar los valores de contaminación real de la provincia de Pontevedra obtenidos a partir del medidor de contaminación situado en Mollabao, el cual nos da medidas diarias de SO<sub>2</sub> expresadas en µg/m<sup>3</sup>. Estos datos fueron tomados en condiciones normales (N), a una temperatura de 25° C y a una presión de 1 atm, según la legislación vigente. Sin embargo, al encontrarse este medidor fuera del centro urbano, sus valores son más bajos que los que puedan ser obtenidos dentro de la ciudad por lo que utilizaremos los bioindicadores liquénicos. También hay que señalar la falta de datos, en ocasiones de varios meses, por averías en el medidor, que complica la labor de comparación. Por todo ello, se ha desestimado su utilización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio de la contaminación atmosférica mediante líquenes como bioindicadores, se han empleado la escala cualitativa adaptada para Galicia propuesta por CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES (1987-88) y el Índice de Biodiversidad Liquénica (NIMIS, 1999).

Los métodos empleados para la identificación de las especies liquénicas son los habituales, utilizando obras como, WIRTH (1980, 1995 a,b), CLAUZADE & ROUX (1985), PURVIS *et al.* (1992) y DOBSON (2005) que se basan principalmente en el estudio de los caracteres macroscópicos y microscópicos, así como en la detección de sus-

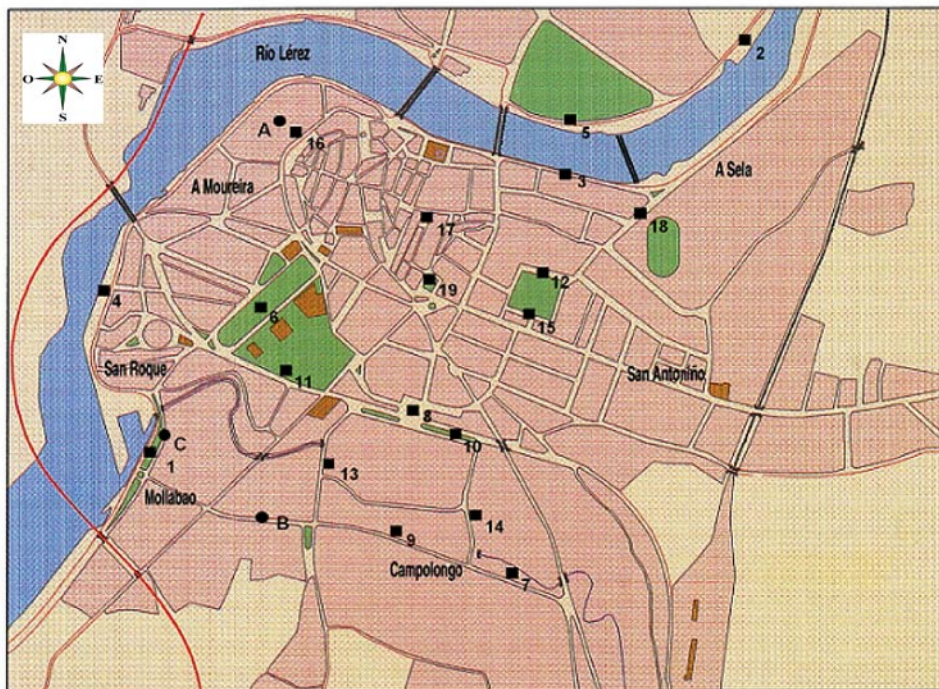


Fig. 1. Situación de las estaciones muestreadas para los métodos cuantitativos (representados en letras) y cualitativos (representados en números).

tancias líquénicas mediante pruebas de coloración en el talo, médula y/o apotecios. También se han utilizado técnicas de microcristalización (ORANGE *et al.*, 2001) para la separación de los ácidos lecanórico y girofórico, con el objetivo de diferenciar las especies *Parmelina tiliacea* y *Parmelinopsis minarum*; y técnicas de TLC (CULBERSON, 1972; CULBERSON *et al.*, 1981 y WHITE & JAMES, 1985), para verificar la identificación de *Parmotrema austrosinense*, *P. stuppeum*, *Lepraria umbricola*, *Lecanora expallens* y *L. conizaeoides*.

En la nomenclatura taxonómica se ha seguido lo establecido en la página web Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>).

Para la aplicación de la escala cualitativa (CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES, 1987-88), se ha efectuado el muestreo eligiendo aquellos lugares donde aparecieran 10 individuos de la

misma especie arbórea, que tuvieran similares características en cuanto a edad, diámetro de tronco, situación y aislamiento. Las zonas verdes o parques que presenta el casco urbano son escasos y de poca extensión por lo que se han utilizado también árboles que crecen en calles y avenidas.

Se han seleccionado, finalmente, un total de 19 estaciones (Fig. 1). En cada una de ellas se inventaría la flora líquénica en los árboles seleccionados hasta una altura aproximada de 1.60 m del tronco.

Una vez determinadas todas las especies líquénicas, se aplica la escala cualitativa propuesta para Galicia por CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES (1987-88) para calcular la contaminación de cada estación. En esta escala (Tabla I) proponemos la actualización de la nomenclatura en algunos taxones, así como la inclusión de *Leprocaulon*

TABLA I. Actualización de la escala cualitativa propuesta para Galicia por CARBALLAL &amp; GARCÍA-MOLARES (1987-88)

ZONA	ESPECIES	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
0-3	<i>Candelariella vitellina</i> f. <i>vitellina</i> y <i>Amandinea punctata</i>	Más de 70
4	Comienzan a aparecer <i>Hysterium</i> sp. (hongo no liquenizado) y <i>Xanthoria parietina</i>	Aprox. 70
5	<i>Xanthoria parietina</i> e <i>Hysterium</i> sp. bien desarrollados; comienzan a aparecer <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>L. dispersa</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> y <i>Physcia adscendens</i>	Aprox. 60
6	<i>Lecanora chlorotera</i> abundante; aparecen especies del género <i>Opegrapha</i> ( <i>O. atra</i> , <i>O. vulgata</i> ); son frecuentes <i>Chrysothrix candelaris</i> , <i>Hyperphyscia adglutinata</i> y <i>Physcia tenella</i> ; comienzan a aparecer <i>Mycoporum antecellens</i> y <i>Punctelia borrieri</i>	Aprox. 50
7	<i>Punctelia borrieri</i> , <i>Flavoparmelia caperata</i> y <i>Flavoparmelia soredians</i> , aparecen bien desarrolladas; se presentan nuevas especies como son <i>Hypotrachyna revoluta</i> y <i>Melanelia subaurifera</i> , aunque el número de individuos es escaso; pueden aparecer ocasionalmente ejemplares de <i>Parmotrema austrosinense</i> , <i>P. chinense</i> ; <i>Physcia aipolia</i> , <i>P. clementei</i> y <i>P. stellaris</i> , <i>Fuscidea lightfootii</i> , <i>Lecidella elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i> y <i>Rinodina roboris</i> var. <i>roboris</i> se presentan por primera vez; <i>Mycoporum antecellens</i> abundante	Aprox. 40
8	<i>Parmotrema chinense</i> aparece bien desarrollada; en general, mayor desarrollo de las especies de este género; presencia de <i>Parmelia sulcata</i> y <i>Parmelia omphalodes</i> ; aparece <i>Leprocaulon microscopium</i> ; <i>Arthonia radiata</i> y <i>Dimerella pineti</i> se presentan por primera vez	Aprox. 35
9-10	<i>Normandina pulchella</i> , <i>Phaeographis dendritica</i> , especies del género <i>Graphis</i> , <i>Enterographa crassa</i> ; aparición de especies fruticulosas ( <i>Evernia prunastri</i> , <i>Usnea subfloridana</i> , <i>Ramalina farinacea</i> , <i>R. fastigiata</i> , etc.)	Menos de 35

*microscopicum* y *Parmelia omphalodes* (Tabla I, zona 8) por ser idóneos bioindicadores del grado de contaminación correspondiente a la zona 8 de la Tabla, al que está asociada su presencia.

El método de muestreo empleado para obtener los valores de IBL (NIMIS, 1999) es el método de los cuadrantes. Este puede consultarse dentro del Manual ANPA: [http://space.comune.re.it/cea/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap3\\_metodo/manuale.htm](http://space.comune.re.it/cea/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap3_metodo/manuale.htm), y consiste en dividir el área de estudio en cuadrantes de 0,5 a 1 Km de lado, en cada uno de los cuales hay una estación. En este caso se han seleccionado un total de 3 estaciones. Y en cada una de ellas se han escogido 3 árboles de la misma especie que, como en el caso anterior,

presentasen las mismas características en cuanto a edad, diámetro de tronco, situación, aislamiento y tipo de corteza.

Una vez establecidas las estaciones (Fig. 1) y elegidos los forófitos, se sitúa sobre el tronco del árbol una red de muestreo de 30 x 50 cm, con 10 rectángulos de 10 x 15 cada uno, a una altura entre 120 y 180 cm del suelo.

A continuación se estima la presencia de cada uno de los taxones hallados dentro de la red, para así poder determinar su frecuencia o lo que es lo mismo, el número de rectángulos en los que aparece cada especie.

Con estos datos se calculan los IBLa (Índice de Biodiversidad Liquénica del árbol) que es la

TABLA II. Calidad del aire según los valores de IBLe (NIMIS, 1999)

Valor del IBLe	Calidad del aire
0	Muy degradada
1 - 10	Degradada
11 - 20	Relativamente degradada
21 - 30	Discreta
31 - 40	Buena
41 - 50	Muy buena
> 50	Óptima

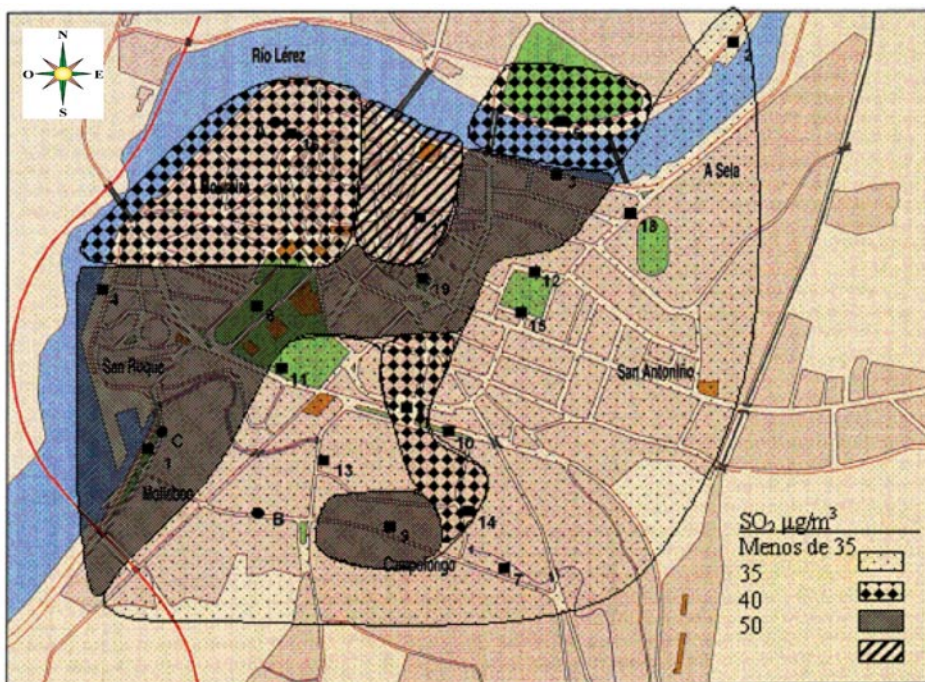


Fig. 2. Mapa de isocontaminación de la ciudad de Pontevedra en 2003/2004 mediante la escala cualitativa propuesta para Galicia.

suma de las frecuencias de todas las especies de líquenes presentes en cada árbol. A continuación se calculan los IBLe (Índice de Biodiversidad Liquélica de la estación) que resultan de la relación entre la media de los IBLa y el número de forófitos por estación:

$$IBLe = \Sigma IBLa / N^{\circ} \text{ de árboles}$$

Utilizando la Tabla II, establecemos el grado de contaminación atmosférica en función de los resultados de los IBLe.

## RESULTADOS

Se ha recolectado un total de 89 taxones líquenicos, de los cuales más de la mitad (58,8%) pertenecen al biotipo crustáceos, entre ellos el 8,3% son leprarioides y el 1% escumulosos. Le siguen los talos foliáceos con un porcentaje del 37,1% y el biotipo fruticuloso que aparece de forma puntual, alcanzando valores inferiores al 5%.

El catálogo florístico por orden alfabético de géneros se presenta en la Tabla III. Las nuevas citas para la Península Ibérica *Parmelinopsis minarum* y para Galicia *Lepraria umbricola* se indican con un asterisco.

Los resultados obtenidos en la aplicación de la escala cualitativa propuesta para Galicia por CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES (1987-88) se exponen en la Tabla IV. Estos resultados se pueden observar con más claridad en el mapa representado en la Fig. 2. Es llamativo que los niveles de contaminación en la mayoría de las estaciones se mantienen en unos niveles bajos. Incluimos también en la Tabla IV los valores de contaminación de la ciudad de Pontevedra en 1988 extraídos de la Tesis Doctoral de GARCÍA-MOLARES (1990).

Los resultados de la contaminación obtenidos mediante el Índice de Biodiversidad Líquénica (NIMIS, 1999) nos muestran, en general, una buena calidad del aire en la ciudad de Pontevedra. Estos datos confirman los valores obtenidos mediante la escala cualitativa donde encontramos niveles bajos de SO<sub>2</sub>. Los valores del IBL aparecen representados en la Tabla V y en el mapa de la Fig. 3.

## CONCLUSIONES

Los estudios de contaminación efectuados mediante bioindicadores líquenicos en la ciudad de Pontevedra muestran, en general, una baja contaminación atmosférica. Las zonas más afectadas son aquellas con mayor densidad de habitantes. Por lo que consideramos las calefacciones y la

circulación de vehículos los dos focos más importantes de contaminación de la ciudad.

Si se comparan los puntos de muestreo analizados en la actualidad mediante la escala cualitativa propuesta para Galicia (CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES, 1987-88) con los coincidentes en 1988 empleando la misma escala, obtenemos un total de 14 estaciones a analizar. En el gráfico de la Fig. 4 podemos observar los diferentes valores de concentraciones de SO<sub>2</sub> obtenidos en los dos muestreos separados en el tiempo.

Las dos estaciones que han aumentado ligeramente su contaminación (Campillo de Santa María, Estación 16 y Plaza I. Armesto, Estación 17), son zonas peatonales del centro de la ciudad, donde los cambios pueden ser atribuidos a la presión ejercida por el aumento de transeúntes, al convertirse en lugares de moda.

En el caso contrario se encuentran 4 estaciones (Isla del río Lérez, Estación 2; Parque de Rosalía de Castro, Estación 5; Plaza de Barcelos, Estación 12 y Calle P. Gaité, Estación 18), en ellas los niveles de contaminación disminuyeron ligeramente desde 1988. Esto puede deberse a que son zonas peatonales poco transitadas, a excepción de la estación 18.

Aplicando un análisis de varianza (o ANOVA) sobre estos datos (esta técnica permite medir la variación de las respuestas numéricas entre los dos muestreos separados en el tiempo y determinar si las diferencias entre ambos se deben al azar o no) se observa que la concentración de SO<sub>2</sub> no ha variado en el espacio de tiempo entre los dos muestreos realizados. Puede decirse que los resultados alcanzados son prácticamente los mismos que hace 16 años. Esto puede deberse a la escasa industrialización de la ciudad de Pontevedra en la última década.

Los resultados de contaminación actual obtenidos con la escala cualitativa propuesta para Galicia (CARBALLAL & GARCÍA-MOLARES, 1987-88) y el Índice de Biodiversidad Líquénica (NIMIS, 1999) son semejantes. Este último método, a pesar de ser fácil de emplear y en el que se obtienen los resultados de una manera más rápida, su aplicación en muchos casos no fue posible debido a que los árboles no presentaban

TABLA III. Catálogo florístico

---

<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	<i>Maronea constans</i> (Nyl.) Hepp
<i>Arthonia</i> cf. <i>radiata</i> (Pers.) Ach.	<i>Melanelia fuliginosa</i> subsp. <i>glabratula</i> (Lamy) Coppins
<i>Arthonia</i> cf. <i>stellaris</i> Kremp.	<i>Mycoporum antecellens</i> (Nyl.) R. C. Harris
<i>Arthopyrenia</i> sp.	<i>Neofuscelia loxodes</i> (Nyl.) Essl.
<i>Arthophyrenia punctiformis</i> A. Massal.	<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.
<i>Bacidia laurocerasi</i> (Delise ex Duby) Zahlbr.	<i>Parmelia omphalodes</i> (L.) Ach.
<i>Bacidia phacodes</i> Körb.	<i>Parmelia</i> cf. <i>sorediosa</i> Almb.
<i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd	<i>Melanelia subaurifera</i> (Nyl.) Essl.
<i>Buellia erubescens</i> Arnold	<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor
<i>Candelariella vitellina</i> f. <i>vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	* <i>Parmelinopsis minarum</i> (Vain.) Elix ex Hale
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau	<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale
<i>Catillaria</i> sp.	<i>Parmotrema chinense</i> (Osberk) Hale & Ahti
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R. Laundon	<i>Parmotrema reticulatum</i> (Taylor) M. Choisy
<i>Dimerella pineti</i> (Schrad.) Vězda	<i>Parmotrema stuppeum</i> (Taylor) Hale
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A. Massal.	<i>Pertusaria</i> sp.
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	<i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl. f. <i>amara</i>
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	<i>Pertusaria leioplaca</i> DC.
<i>Flavoparmelia soredians</i> (Nyl.) Hale	<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.
<i>Fuscidea lightfootii</i> (Sm.) Coppins & P. James	<i>Pertusaria pustulata</i> (Ach.) Duby
<i>Graphis elegans</i> (Borrer ex Sm.) Ach.	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg
<i>Graphis</i> cf. <i>scripta</i> (L.) Ach.	<i>Physcia</i> sp.
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	<i>Physcia adscendens</i> (Th. Fr.) H. Olivier
<i>Hypotrachyna britannica</i> (D. Hawksw. & P. James) Coppins	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.
<i>Hypotrachyna revoluta</i> (Flörke) Hale	<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Fűrnr.
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	<i>Physcia clementei</i> (Turmer) Lynge
<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme	<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau
<i>Lecanora chlorotera</i> Nyl.	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.
<i>Lecanora</i> cf. <i>conizaeoides</i> Nyl. ex Cromb.	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Röhl	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.
<i>Lecanora</i> cf. <i>expallens</i> Ach.	<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.
<i>Lecanora intumescens</i> (Rebent.) Rabenh.	<i>Physcia tribacioides</i> Nyl.
<i>Lecanora jamesii</i> J. R. Laundon	<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt
<i>Lecanora subrugosa</i> Nyl.	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt
<i>Lecanora</i> cf. <i>strobilina</i> (Spreng.) Kieff.	<i>Placynthiella icmalea</i> (Ach.) Coppins & P. James
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	<i>Punctelia borrieri</i> (Sm.) Krog.
<i>Lecidella elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	<i>Rinodina roboris</i> (Dufour ex Nyl.) Arnold var. <i>roboris</i>
<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel	<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal.
<i>Lepraria</i> sp.	<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Th. Fr.
<i>Lepraria cacuminum</i> (A. Massal) Kümmerl. & Leuckert	<i>Trapeliopsis</i> cf. <i>flexuosa</i> (Fr.) Coppins & P. James
<i>Lepraria</i> cf. <i>incana</i> (L.) Ach.	<i>Trapeliopsis</i> cf. <i>granulosa</i> (Hoffm.) Lumbsch
<i>Lepraria</i> cf. <i>lobificans</i> Nyl.	<i>Usnea cornuta</i> Körb.
* <i>Lepraria umbricola</i> Tonsberg	<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Hale
<i>Leprocaulon microscopicum</i> (Bill.) Gams	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.
<i>Llimoniella</i> cf. <i>neglecta</i> (Vain.) Triebel & Rambold	

---

el diámetro adecuado para la instalación de la red de muestreo. Sin embargo, tiene la ventaja de que deja intacta la zona del árbol a estudiar, pudiendo así comparar en años sucesivos no sólo

los líquenes del mismo árbol si no los del mismo rectángulo dentro de la red.

Si observamos los mapas de isocontaminación actual de la ciudad de Pontevedra (Fig. 2,

TABLA IV. Resultados obtenidos mediante la escala cualitativa propuesta para Galicia, en 1988 y 2003/2004

Estaciones	Nivel de contaminación en 1988 (SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> )	Nivel de contaminación (SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> ) en 2003/2004
1 Avenida de Marín	40	40
2 Isla del río Lézrez	40	Menos de 35
3 Avenida de Buenos Aires	40	40
4 Avenida das Corbaceiras	40	40
5 Parque de Rosalía de Castro	40	35
6 Alameda Arquitecto Sesmeros	40	40
7 Avenida Fernández Ladreda (parque)		Menos de 35
8 Plaza de Galicia		35
9 Avenida Fernández Ladreda	40	40
10 Avenida Augusto García Sánchez	Menos de 35	Menos de 35
11 Avenida Reina Victoria	Menos de 35	Menos de 35
12 Plaza de Barcelos	40	Menos de 35
13 Paseo de Valle-Inclán	Menos de 35	Menos de 35
14 Calle Antonio Taboada Nieto		35
15 Plaza de Barcelos		Menos de 35
16 Campillo de la Iglesia de Sta. María	Menos de 35	35
17 Plaza I. Armesto	40	50
18 Calle P. Gaité	40	Menos de 35
19 Plaza de la Herrería		40

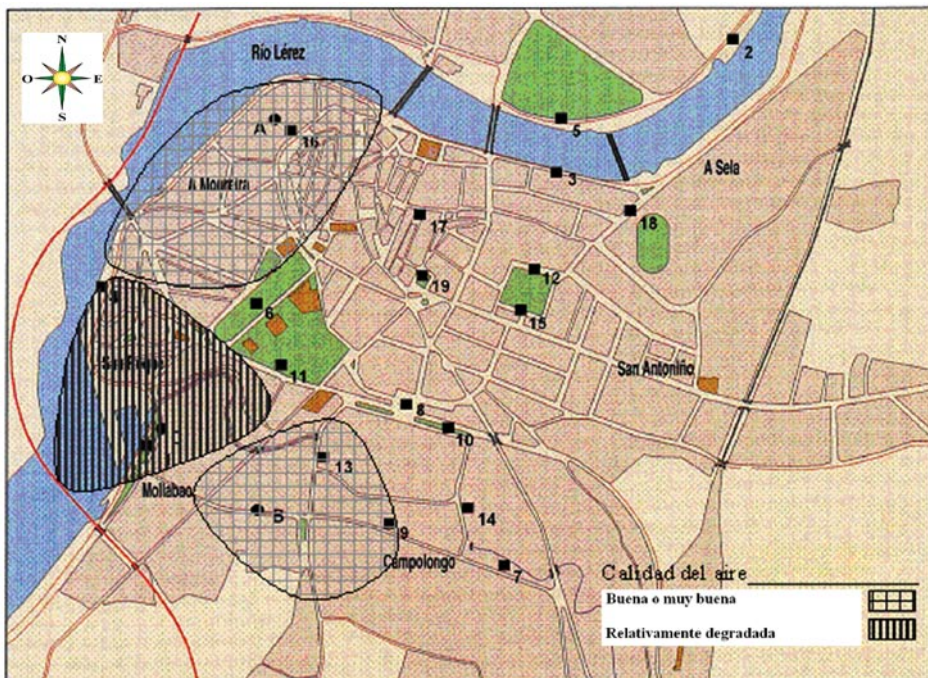
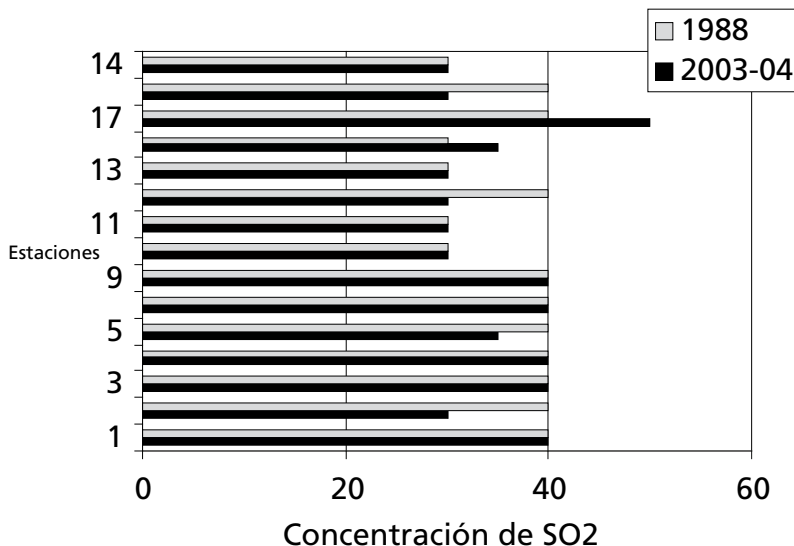


Fig. 3. Mapa de isocontaminación de la ciudad de Pontevedra mediante el Índice de Biodiversidad Liguénica (IBL).



TABLA V. Datos de contaminación mediante el IBL

Estación	Valor del IBL	Resultado
A	42.3	Calidad del aire muy buena
B	35.3	Calidad del aire buena
C	17.3	Calidad del aire relativamente degradada

Fig. 4. Diferencias en las concentraciones de SO<sub>2</sub> entre 1988 y 2003-04.

3) obtenidos con la escala cualitativa propuesta para Galicia y el IBL podemos señalar que la zona en donde se concentran los mayores niveles de contaminación son similares en ambos casos y que se corresponden con la dirección de la componente SO de los vientos en verano. Estos podrían arrastrar la contaminación de la chimenea de ENCE durante la época estival hacia el interior de la ciudad, contribuyendo a aumentar la contaminación debida a la circulación de vehículos y a las calefacciones.

Finalmente, proponemos incluir *Leprocaulon microscopicum* y *Parmelia omphalodes* en la escala cualitativa para Galicia por ser taxones frecuentes en nuestra comunidad (Álvarez *et al.* 2001), de fácil reconocimiento y, sobre todo,

por estar su presencia asociada al mismo nivel de contaminación.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ayuntamiento de Pontevedra por el permiso otorgado para realizar la recolección de los líquenes. A la Consellería de Sanidade por facilitar información relativa a los medidores de contaminación sobre los valores de SO<sub>2</sub> de la provincia de Pontevedra. Este trabajo fue parcialmente subvencionado por el proyecto "Cátedra Filgueira Valverde" concedido en 2005 por la Universidade de Vigo

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, J., SÁNCHEZ-BIEZMA, M. J. & LÓPEZ DE SILANES, M. E. (2001). Lista de los líquenes y hongos liquenícolas de Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **11**: 53-151.
- BRAVO, I. (1982). *Influencia de la contaminación atmosférica sobre los líquenes epífitos de los alrededores de Lourizán (Pontevedra)*. Tesis de Licenciatura (Inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- CARBALLAL DURÁN, M. R. & GARCÍA-MOLARES, A. (1987-1988). Líquenes epífitos como indicadores de la contaminación atmosférica, II.- Utilización de una escala cualitativa en la ciudad de Vigo (España). *Lazaroa*, **10**: 243-251.
- CLAUZADE, G. & ROUX, C. (1985). Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustradeterminlibro. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, **7**: 1-893.
- CRESPO, A., BARRENO, E., SANCHO, L. G. & BUENO, A. (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. & SERIÑÁ, E. (1977). Valoración de la contaminación atmosférica del área urbana de Madrid mediante bioindicadores (Líquenes epífitos). *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, **34**(1): 71-94.
- CULBERSON, C. F. (1972). Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standard thin-layer chromatographic method. *J. Chromat.*, **72**: 113-125.
- CULBERSON, C. F., CULBERSON, W. L. & JOHNSON, A. (1981). A standardized TLC Analysis of  $\beta$ -orcinol Depsidones. *Bryologist*, **84**: 16-29.
- DOBSON, F.S. (2005). *Lichens. An Illustrated Guide to the British and Irish Species*. The Richmond Publishing Co. Ltd.
- FERNÁNDEZ-SALEGUI, A. B. (2004). *Los líquenes epífitos como bioindicadores de la calidad del aire en la comarca de La Roda*. Tesis Doctoral (Inéd.). Universidad de León.
- GARCÍA-MOLARES, A. (1985). *Estudio de la contaminación atmosférica por SO<sub>2</sub> utilizando los líquenes como bioindicadores en la ciudad de Vigo (Pontevedra)*. Tesis de Licenciatura (Inéd.). Universidad de Vigo.
- GARCÍA-MOLARES, A. (1990). *Estudio de la contaminación atmosférica mediante bioindicadores liquénicos en Galicia*. Tesis Doctoral (Inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- IGLESIAS, R. A. (1988). *Utilización de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica. Estudio en la ciudad de La Coruña*. Tesis de Licenciatura (Inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- LEÓN, I. (2005). *Influencia del cultivo de mejillón en bateas en los fondos sedimentarios de la Ría de Pontevedra*. Tesis Doctoral (Inéd.). Universidad de Vigo.
- LÓPEZ DE SILANES, M. E. (1982). *Líquenes epífitos de Santiago de Compostela. Influencia de la contaminación atmosférica*. Tesis de Licenciatura (Inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- NIMIS, P. L. (1999). Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. In: Piccini, C. & Salvati, S. (Eds.), *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale"* (Roma, 26-27 novembre 1998), **2**: 267-277. A.N.P.A., Roma.
- ORANGE, A., JAMES, P. W. & WHITE, F. J. (2001). *Microchemical methods for the identification of lichens* (p. 101). British Lichen Society.
- PURVIS, O. W., COPPINS, B. J., HAWKSWORTH, D. L., JAMES, P. W. & MOORER, D. M. (1992). *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. Natural History Museum Publications in association with The British Lichen Society.
- SERNANDER, R. (1926). *Studier öfer lafvarnes biologi*. Svenska Bot. Tidskr. Stockholm.
- WEB: Index Fungorum: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- WEB: Manual ANPA: [http://space.comune.re.it/ceal/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap3\\_metodo/manuale.htm](http://space.comune.re.it/ceal/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap3_metodo/manuale.htm)
- WEB: Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER): <http://www.eper.eea.eu.int/>
- WHITE, F. J. & JAMES, P. W. (1985). A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. *Bull. Brit. Lichen Soc.*, **57**: 1-41.
- WIRTH, V. (1980). *Flechtenflora: Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete*. Ulmer, Stuttgart.
- WIRTH, V. (1995a). *Die Flechten Baden-Württembergs*. Teil 1: 1-527. E. Ulmer, Stuttgart.
- WIRTH, V. (1995b). *Die Flechten Baden-Württembergs*. Teil 2: 527-1003. E. Ulmer, Stuttgart.