

# Líquenes epifitos como indicadores de la contaminación atmosférica, II.—Utilización de una escala cualitativa en la ciudad de Vigo (España)

M.<sup>a</sup> Regina Carballal Durán & Aida García Molares (\*)

**Resumen:** Carballal Durán, M. R. & García Molares, A. *Líquenes epifitos como indicadores de la contaminación atmosférica. II.—Utilización de una escala cualitativa en la ciudad de Vigo (España). Lazaroa, 10: 243-251 (1987). [Publicado en 1988].*

Se hace un estudio de la contaminación por SO<sub>2</sub> en Vigo (Pontevedra, NW de España) utilizando métodos cualitativos. Se propone una adaptación para nuestra región de la escala cualitativa de HAWKSWORTH & ROSE (1970).

**Abstract:** Carballal Durán, M. R. & García Molares, A. *Epiphytic lichens as air pollution indicators. Lazaroa, 10: 243-251 (1987). [Date of publication 1988].*

The present paper is a study of SO<sub>2</sub> pollution in Vigo (Pontevedra, NW Spain) which uses qualitative methods. An adaptation of HAWKSWORTH & ROSE qualitative scale (1970) for our region is suggested.

## INTRODUCCION

Los trabajos realizados durante los últimos treinta años han puesto en evidencia un notable empobrecimiento de la flora líquénica en la proximidad de las áreas urbanas o industrializadas. Las experiencias más recientes permiten achacar este fenómeno al gradiente de contaminación atmosférica.

Numerosas observaciones de la evolución de la flora líquénica en el tiempo y en el espacio en diferentes regiones y experiencias recientes mostrando el papel efectivo del SO<sub>2</sub> sobre diversos aspectos de la fisiología de los líquenes, justifican su elección como indicadores biológicos del grado de contaminación.

---

(\*) Dpto. de Botánica. Facultad de Biología. Universidad de Santiago. Santiago de Compostela. La Coruña.

Actualmente se conocen los valores alcanzados por la polución ácida proporcionados por medidores físico-químicos en la mayoría de las grandes ciudades. Se han diseñado varios métodos cuantitativos para la estima del grado de contaminación a partir de la vegetación líquénica, entre los que cabe destacar el propuesto por LEBLANC y DE SLOOVER (1970), al que hacemos referencia en la primera parte del trabajo.

Según DERUELLE (1978), la primera escala cualitativa de estima de la contaminación a partir de observaciones de líquenes y briófitos fue la establecida por GILBERT (1970), sin embargo el método más extendido es el propuesto por HAWSWORTH & ROSE (1970) utilizando exclusivamente líquenes epífitos. La escala propuesta por estos últimos autores será, en principio, la que utilizaremos en el presente trabajo.

La ventaja de la aplicación de la escala de HAWSKWORTH & ROSE deriva de la simplicidad y precisión de su uso (HAWSKWORTH & ROSE, 1976) pero ha de ser adaptada a las condiciones de la localidad (DERUELLE, 1978). Algunos autores como LEROND (1978) y SERGIO & BENTO-PEREIRA (1981) adaptan esta escala a las peculiaridades florísticas de la zona de estudio y a la variación de toxitolerancia de algunas especies debido a las diferentes condiciones climáticas.

En el presente trabajo pretendemos la adaptación de la escala cualitativa de HAWSWORTH & ROSE para Galicia, una vez cotejada con los datos de los medidores físico-químicos instalados en la ciudad de Vigo, con el objeto de establecer una escala con validez regional. Indudablemente esta escala adaptada deberá ser comprobada en otras zonas próximas donde existan medidores físico-químicas de  $\text{SO}_2$ .

## CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La ciudad de Vigo se extiende a lo largo de la costa Sur de la ría de su mismo nombre. El muestreo se limitó exclusivamente al casco urbano de la ciudad.

Su topografía es complicada, elevándose desde el nivel del mar hasta las 145 m. de la cumbre de El Castro, situado en el centro de la ciudad.

El clima, atendiendo al criterio de ALLUE (1966) se corresponde con la región climática IV (V), que denomina Mediterránea subhúmeda con tendencia atlántica. La precipitación anual total alcanza 1.412 mm y la temperatura media anual del aire es de 14,9°C. Se caracteriza por un pequeño período de sequía estival de aproximadamente mes y medio de duración que coincide con las temperaturas más elevadas del año.

Los vientos no ofrecen especial incidencia, con unos porcentajes de calmas bastante acusados. Las direcciones dominantes varían con la estación considerada: en primavera y verano predomina ligeramente la componente Oeste, mientras que durante otoño e invierno domina la dirección Sur. Asimismo se aprecia una influencia notable de las brisas a nivel de la franja costera. La ciudad, dentro del mapa de Potencialidad de Transferencia del aire está enclavada en una zona de regular difusión.

## VALORES DE CONTAMINACIÓN ÁCIDA

El departamento de Sanidad del Ayuntamiento de Vigo tiene en funcionamiento desde el año 1978 cinco medidores físico-químicos de seguimiento manual para determinar el nivel de emisión de Oxidos de Azufre a la atmósfera. Los aparatos de medida están situados en la zona más céntrica de la ciudad, caracterizada por una elevada densidad de población e intenso tráfico rodado. Su localización aparece señalada en la Fig. 1, conjuntamente con las estaciones de muestreo.

A continuación indicamos la media de los valores para los seis meses de invierno alcanzada en cada medidor teniendo presentes los datos de seis años, comprendidos entre 1978 y 1983.

Identificación del medidor	Media invernal en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1401	60
1402	58
1403	41
1104	36
1405	48

## MATERIAL Y METODOS

La utilización posterior de los datos en estudios de contaminación condicional en gran manera la toma de muestras. Es preciso aclarar que en el casco urbano de la ciudad, además de los tres parques existentes no disponíamos de un buen número de calles y paseos arbolados y no siempre presentaban las condiciones óptimas que señala el método de HAWSKWORTH & ROSE; hemos utilizado diferentes especies de forófitos, cuyas cortezas se incluirían dentro de las eutrofizadas tales como *Aesculus hippocastanum*, *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Ligustrum sp.* y en algunas ocasiones hemos recurrido a *Platanus hibrida* y *Camelia sp.* al ser las únicas especies presentes.

Los inventarios cualitativos se realizaron simultáneamente a los cuantitativos, muestreándose 10 árboles de la misma especie por estación, desde la base hasta los 2 m de altura, seleccionando individuos adultos. En el caso de los parques fueron tenidos en cuenta únicamente los árboles de borde.

El muestreo fue realizado entre finales del año 1983 y principios de 1985. La localización de las estaciones de muestreo aparece señalada en la fig. 1.

La nomenclatura utilizada para las especies es la propuesta por HAWSKWORTH, JAMES & COPPINS (1980).

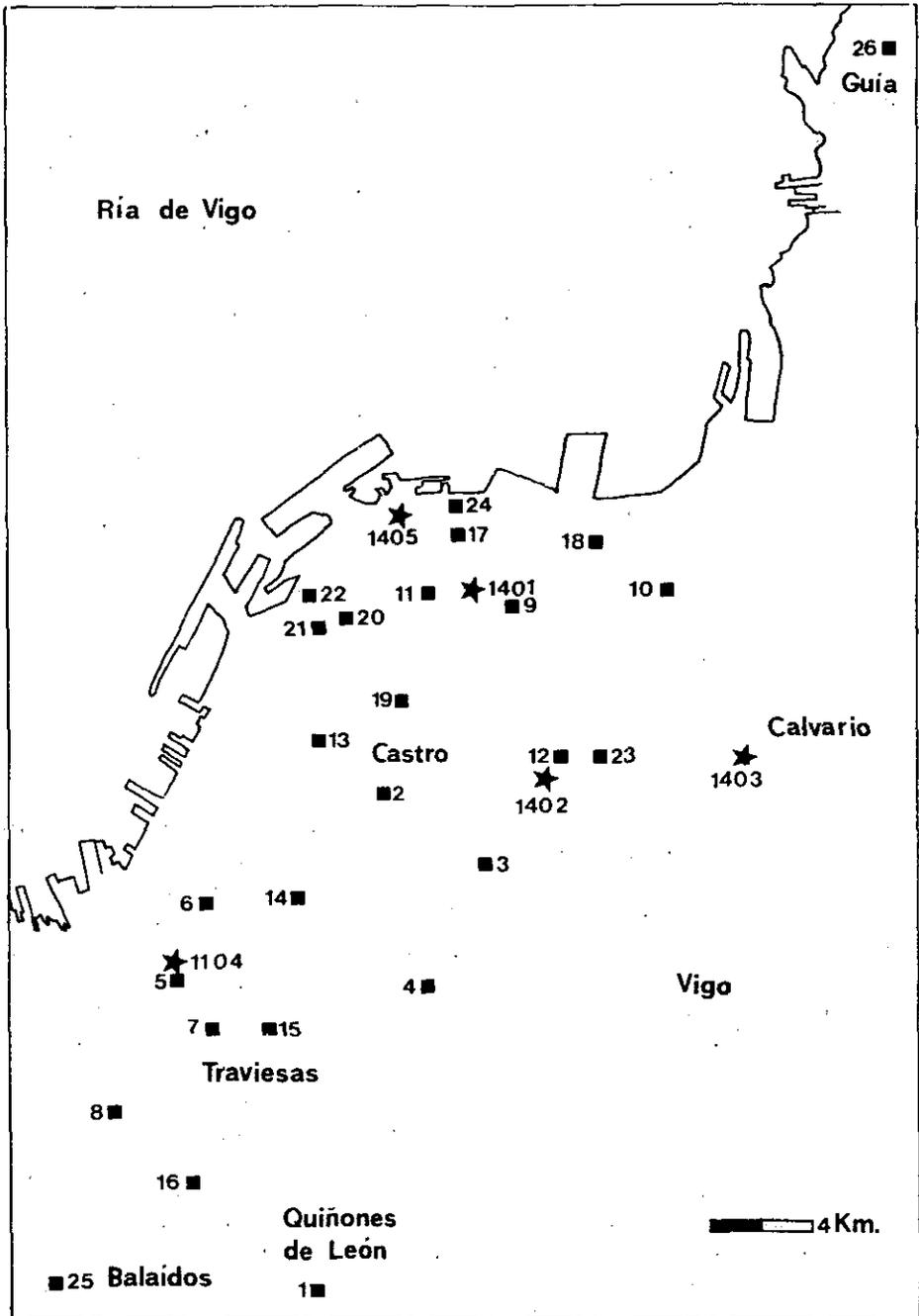


Fig. 1.—Localización de las estaciones de muestreo y medidores físico-químicos.

## DISCUSION

### A) SELECCIÓN DE LAS ESPECIES CARACTERÍSTICAS

En la totalidad del trabajo fueron identificadas 98 especies de líquenes epifitos.

Tras la aplicación de la escala de HAWSKWORTH & ROSE a las estaciones próximas a los medidores físico-químicos y cotejando los valores resultantes con las medias invernales de dichos medidores observamos que discrepaban ligeramente. El 1402 y 1104 rinden unos valores ligeramente inferiores a los obtenidos tras la aplicación de la escala cualitativa. La mayor divergencia se produce en el medidor 1401, que presenta el valor medio más alto de la ciudad ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pero queda muy por debajo de la estima cualitativa que le asigna una media invernal de contaminación de aproximadamente  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Estas diferencias pueden ser atribuidas a varios factores:

1. Los datos físico-químicos se obtienen a partir de medias que atenúan los máximos alcanzados en algunos días, que pueden llegar a los  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

2. La disposición particular que ocupa el medidor puede no ser la más adecuada; tal es el caso del 1401, situado precisamente en un cruce, que a pesar de estar sometido a la acción de las brisas proporciona los valores más altos, mientras que los árboles muestreados en su proximidad están protegidos de las mismas al abrigo de las edificaciones circundantes.

Partiendo de los inventarios florísticos realizados en las proximidades del medidor 1402, que rinde una media invernal de  $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bastante ajustada al valor obtenido según la escala inglesa, fue posible definir grupos de especies características, para lo cual también se han tenido en cuenta los datos cuantitativos. En la selección de especies características se siguieron los criterios de HAWSKWORTH & ROSE, LEROND (1978) y SERGIO & BENTO-PEREIRA (1981).

### B) ESCALA CUALITATIVA

En esta escala (Tabla 1) se introducen varias especies no mencionadas en la escala inglesa, frecuentes en Galicia, y cuya distribución es en gran medida, mediterráneo-atlántica.

Entre ellas destacamos:

1. *Candelariella vitelina*, siempre presente en las zonas más contaminadas donde llega a aparecer incluso fructificada, por lo que pensamos que podría soportar situaciones más rigurosas.

2. *Lecanora gr. dispersa*, especie de amplia distribución, muy nitrófila cuya toxitolerancia fue ya apuntada por varios autores, pero que no aparece mencionada en escalas cualitativas.

3. *Parmelia meridionalis*, especie de fácil reconocimiento y de distribución restringida en Europa.

Tabla 1

## Escala cualitativa propuesta para Galicia

Zona	Especie	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
0-3	<i>Candelariella vitelina</i> y <i>Buellia punctata</i>	más de 70
4	Comienzan a aparecer <i>Opegrapha herbarum</i> y <i>Xanthoria parietina</i>	aprox. 70
5	<i>X. parietina</i> y <i>O. herbarum</i> bien desarrolladas; comienzan a aparecer <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>L.gr. dispersa</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> y <i>Physcia adscendens</i>	aprox. 60
6	<i>L. chlorotera</i> abundante; aparecen más especies del género <i>Opegrapha</i> ( <i>O. atra</i> , <i>O. vulgata</i> ); son frecuentes <i>Chrysotrix candelaris</i> , <i>Physciopsis adglutinata</i> y <i>Physcia tenella</i> ; comienzan a aparecer <i>Arthopyrenia antecellans</i> y <i>Parmelia borrieri</i>	aprox. 50
7	<i>Parmelia borrieri</i> , <i>P. caperata</i> y <i>P. soledians</i> aparecen bien desarrolladas; se presentan nuevas especies de este género ( <i>P. meridionalis</i> , <i>P. revoluta</i> y <i>P. subaurifera</i> ) aunque el número de individuos es escaso; pueden aparecer ocasionalmente ejemplares de <i>P. perlata</i> ; <i>Physcia aipolia</i> , <i>P. clementei</i> y <i>P. stellaris</i> , <i>Fuscidea lighfootii</i> , <i>Lecidella elaeochroma</i> y <i>Rinodina roboris</i> se presentan por primera vez; <i>Arthopyrenia antecellans</i> ; abundante	aprox. 40
8	<i>P. perlata</i> aparece bien desarrollada; en general, mayor desarrollo de las especies de este género (presencia de <i>P. sulcata</i> ); <i>Arthonia radiata</i> y <i>Dimerella diluta</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

Muchas especies ya utilizadas en la escala inglesa muestran una menor resistencia a la contaminación; entre ellas, casi la totalidad de las especies del género *Parmelia*, a excepción de la *Parmelia perlata*, que parece mostrar una resistencia ligeramente aumentada. Lo mismo ocurre con las especies fruticulosas y algunas *Graphidales*.

Como puede apreciarse en la Tabla 1 hemos agrupado las cuatro primeras zonas de la escala de HAWSKWORTH & ROSE y les hemos asignado una concentración de SO<sub>2</sub> superior a 70 µg/m<sup>3</sup>, aunque el medidor 1401, cuya situación no creemos sea la correcta, proporciona unos valores inferiores a los soportados en esta zona. Asimismo, hemos agrupado las zonas 9 y 10, puesto que no encontramos una frontera perfectamente establecida.

## C) APLICACIÓN DE LA ESCALA CUALITATIVA A LA CIUDAD DE VIGO

La aplicación de la escala cualitativa a la ciudad de Vigo rinde unos resultados que se ajustan perfectamente a la cartografía propuesta en la primera

parte del trabajo, obtenida tras la aplicación del Índice de Pureza Atmosférica a las 25 estaciones consideradas (\*).

La delimitación de las áreas de contaminación se hizo en base a los índices obtenidos, encontrándose una distribución por zonas envolventes dispuestas según la localización de las áreas comerciales y urbanizadas más importantes, la altitud y, finalmente, su proximidad a la costa.

Hemos mantenido esta cartografía porque creemos que, sin ser demasiado complicada, es la que mejor se ajusta a las características de la ciudad (fig. 2).

Los niveles de contaminación de las diferentes áreas tras la aplicación de la escala son los siguientes.

*Zona 1:* abarca las zonas 0-3 y 4 de la escala, con un nivel de polución de unos  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  o más.

*Zona 2:* se corresponde con las zonas 5, 6 y 7 de la escala, con unos niveles de  $\text{SO}_2$  que oscilan entre 60 y  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Zona 3:* comprende estaciones cuya vegetación se ajusta a las zonas 8 y 9-10 de la escala; la contaminación se situaría en niveles iguales o inferiores a los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$ .

## CONCLUSIONES

La aplicación de la escala cualitativa de HAWSKWORTH & ROSE a 25 estaciones localizadas en el casco urbano de la ciudad de Vigo rinde unos valores que oscilan entre los 125 y  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2$ ; se aprecia un notable desajuste entre la estima cualitativa y los datos proporcionados por los medidores físico-químicos instalados en la ciudad, que en ningún caso llegan a alcanzar medias invernales que sobrepasen los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{SO}_2 \text{ m}^3$ .

Esta divergencia podría ser atribuida a la disposición particular que ocupa cada medidor que, al menos en el caso del 1401, pensamos no es la más adecuada. Por otra parte, los datos físico-químicos corresponden a medias que atenúan los máximos alcanzados en algunos días, y que probablemente afecta de manera diferente a la vegetación líquénica.

Se ha efectuado una adaptación de la escala inglesa a las características de la zona. La escala adaptada será comprobada en posteriores trabajos en otros puntos de Galicia con el fin de lograr un método cualitativo de aplicación regional.

Por último, cabe señalar que en la elaboración de la cartografía se ha mantenido la obtenida mediante la aplicación del I.P.A., delimitando las áreas más contaminadas de la ciudad, con niveles de polución superiores a  $70 \mu\text{g}$  de  $\text{SO}_2 \text{ m}^3$ , y aquellas otras en las que la incidencia de los contaminantes es mínima (inferior a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

(\*) Rev. de Biología, 13, Lisboa (en prensa).



## BIBLIOGRAFIA

- Allue, A. J. L. —1966— Subregiones fitoclimáticas de España I.I.I.E. Ad. Minist. de Agricultura. Madrid.
- Barkam, J. J. —1958— Phytosociology and Ecology of Criptogamic epiphytes. Asen.
- Carballeira, A., Devesa, C., Retuerto, R., Santillan, E. & Uceda, F. —1983— Bioclimatología de Galicia. La Coruña.
- Deruelle, S. —1978— Les lichens et la pollution atmosphérique. Bull. Ecol. 9 (2): 87-128. Paris.
- Equipo Metra/Seis —1976— Diseño de una estrategia para la protección del medio ambiente en la provincia de Pontevedra. Barcelona.
- Gilbert, O. L. —1970— A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. *New Phytol.* 69: 629-634.
- Hawskworth, D. L. & Rose, F. —1970— Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227: 145-148.
- Hawskworth, D. L. & Rose, F. —1976— Lichen air pollution monitors. London
- Hawskworth, D. L., James, P. W. & Coppins, B. J. —1980— Checklist of British lichen forming, Lichenicolous and allied fungi. *Lichenologist* 12 (1): 1-15.
- Leblanc, F. & De Sloover, J. —1970— Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal, Can. *Journal of Botany* 48 (7): 1.485-1.496.
- Lerond, M. —1978— Courbes d'isopollution de la région de Rouen obtenues par l'observation des lichens epiphytes. *Bull. Soc. Linn.* 106: 73-84.
- Sergio, C. & Bento-Pereira, F. —1981— Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica, I. Utilização de uma escala qualitativa para Lisboa. *Bol. Soc. Brot.* 2 (54): 291-303. Coimbra.

