

Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica

por

Olga Isabel Méndez A.* y Luis A. Fournier O.*

(Recibido para su publicación el 13 de agosto de 1979)

Abstract: Lichens were used as air pollution indicators in the metropolitan area of San José, Costa Rica. Transplants showed a positive correlation between the percentage of dead cells in the thallus and the ketone soluble substances deposited on it. Those parts of the city where pollution is greatest (industrial areas and heavy traffic) were also the ones where lichens suffered the most, and in some extreme cases the thallus died after 8 months of exposure. Besides this transplant experiment, the coverage of *Parmelia* lichens on the bark of several tree species was determined in some areas of the city. The results of these observations suggest that the city of San José has three different kinds of air environment in relation to lichen survival: normal, transitional and desertic, as reported for other cities of the world. The most frequent air pollutants in San José are: CO, CO₂, C₂H₅OH, Cl₂, HCl, H₂S, H₃PO₄, H₂CrO₄, NO, NH₃, NH₄ Cl, SO₂ and Zn.

La atmósfera de las grandes urbes industriales muestra un alto grado de contaminación, que en muchos casos se hace ya intolerable para los seres vivientes (Brodo, 1966; Brown, 1974). Costa Rica no escapa a este problema y día con día el desarrollo industrial y el aumento constante en el número de vehículos automotores, elevan progresivamente el contenido de contaminantes en nuestra atmósfera.

La información cualitativa y cuantitativa sobre los contaminantes atmosféricos es muy importante, pero desafortunadamente requiere el uso de instrumentos especiales, personal calificado y un financiamiento adecuado para el mantenimiento de los registros. Sin embargo, en la naturaleza existen seres extremadamente sensibles a la contaminación atmosférica que pueden actuar como indicadores biológicos, con un alto grado de precisión. Estos seres son principalmente los briófitos y líquenes epífitos, cuyas poblaciones se afectan grandemente con la contaminación atmosférica, hasta llegar a desaparecer cuando ésta alcanza un grado crítico (Bishop *et al.*, 1975; Boertitz y Ranft, 1972; Daly, 1970; Hawksworth, 1971; Le Blanc y Rao, 1966; Mudd y Kozlowsky, 1975; Vareschi y Moreno, 1973). La función indicadora de los líquenes se debe a su gran sensibilidad por algunos contaminantes atmosféricos como, el dióxido de azufre, fluoruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, ozono, etc. (Hawksworth y Rose, 1970; Mudd y Kozlowsky, 1975).

* Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Costa Rica.

A pesar de que se tiene conocimiento de que la contaminación atmosférica causa serios trastornos a la vida animal y vegetal, en Costa Rica no se le ha dado mucha importancia a este problema. Por esta razón, se decidió llevar a cabo este estudio en el que se empleó algunos líquenes como indicadores de la contaminación en el área metropolitana de la Ciudad de San José. Se espera que los resultados de este trabajo promuevan un mayor interés entre los investigadores nacionales por el estudio de la contaminación atmosférica de nuestras ciudades.

MATERIAL Y METODOS

Este estudio se llevó a cabo en el área metropolitana de San José, Costa Rica, en una región cuya altura sobre el nivel del mar varía de 1172 a 1200 m; la precipitación promedio anual es de unos 2.000 mm y la temperatura de 21 C.

En el Cuadro 5 se muestra un detalle de los sitios en que fueron observadas las poblaciones de líquenes, así como las especies de árboles en que se tomaron muestras. En cada uno de los sitios se localizó una muestra de 10 árboles de aproximadamente la misma edad, diámetro y condiciones de sanidad. En cada árbol se determinó el porcentaje de cobertura de los líquenes del género *Parmelia* a una altura de 1,50 m en los cuatro puntos cardinales del tronco. Para ese fin se empleó un marco de alambre de 0,10 por 0,10 m subdividido en centímetros cuadrados. Este muestreo se realizó durante los meses de noviembre y diciembre de 1975.

También se hizo un experimento de transplante de líquenes en varios sitios del área metropolitana de abril a diciembre de 1976 (Cuadro 1). El material para los trasplantes se recolectó en San Pedro de Montes de Oca, una zona de baja contaminación. Los trasplantes de *Parmelia* se hicieron de acuerdo con los métodos propuestos por Brodo (1961) y se colocaron en los árboles a una altura de 4,50 m.

En cada uno de los sitios se hicieron 5 repeticiones de los trasplantes.

Observaciones microscópicas: Después de ocho meses de exposición al ambiente, se tomaron cuatro trasplantes de líquenes de cada sitio y se estudiaron microscópicamente para determinar su color, cantidad de contaminantes sólidos que se habían depositado y el porcentaje de células muertas. El grado de contaminación se expresa en porcentaje de cobertura de contaminante sólido sobre la muestra.

De cada transplante se aisló cinco pedazos (uno del centro y cuatro de la periferia) y se maceraron en una solución acuosa de rojo neutro al 0,5%. Este colorante permite diferenciar entre las células muertas y las vivas, ya que éstas últimas se coloran de un rojo tenue en la periferia, mientras que en las muertas la coloración es rojo oscuro. Para cada uno de los sitios se hizo un conteo de 100 células, lo que permitió determinar el porcentaje de células vivas y muertas. Estos datos se compararon mediante la prueba de "t" de Student y para esto se empleó San Pedro de Montes de Oca como sitio testigo.

Contenido de contaminantes solubles en acetona: De cada uno de los trasplantes se obtuvo una muestra de un centímetro cuadrado y se le determinó su peso en gramos. Luego las muestras se colocaron en una solución acuosa de acetona al 80% durante dos horas para remover las sustancias cerosas que producen los talos de los líquenes expuestos a la contaminación atmosférica (Le Blanc y Rao, 1973). Luego el material se secó en condiciones de laboratorio y se le determinó de nuevo

su peso. La pérdida de peso expresada en por ciento, se consideró como un valor representativo de la contaminación del sitio. Estos valores se correlacionaron con el porcentaje de células muertas en los trasplantes de cada uno de los sitios.

Con el fin de obtener información sobre los posibles contaminantes atmosféricos de cada sitio, se realizó una entrevista con las personas encargadas de las plantas industriales en donde se habían colocado trasplantes de líquenes.

CUADRO 1

Localidades y substratos en que se colocaron los trasplantes de líquenes

Localidad	Substrato
Avenida 3, Calles 11 y 15, 17 y 19	<i>Trichilia glabra</i> L.
Calle 21 Avenida Central, 2 y 4	<i>Trichilia glabra</i> L.
Avenida 9, Calles 9, 11 y 13	<i>Trichilia glabra</i> L.
Estacionamiento N°8, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	<i>Ligustrum lucidum</i> Privet
Calle 30, Avenidas 4 y 6	<i>Ligustrum lucidum</i> Privet
Laboratorio de Química General, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	Extractores
Edificio de Química, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	Ventanas
Fábrica Metalco, Colima de Tibás	Paredes y postes del taller
Escuela Rafael Vargas Quirós, Colima de Tibás	Poste en el patio, <i>Eucaliptus deglupta</i> Blume y <i>Casuarina equisetifolia</i> L.
Autoensambladora ECASA, Pavas	Postes
Jardines de la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	<i>Tabebuia rosea</i> (L.) Hemsl. y <i>Ficus costaricana</i> Liebm.

RÉSULTADOS

El Cuadro 2 muestra la cantidad de contaminantes sólidos depositados en los trasplantes de líquenes y los cambios de coloración de éstos, en los varios sitios estudiados. El color original de todos los trasplantes era verde-grisáceo.

En el Cuadro 3 se presenta los porcentajes promedio de pérdida de peso de los trasplantes después de haber sido tratados con acetona, así como los porcentajes promedio de células muertas. También muestra ese cuadro el grado de significación estadística de los varios sitios con el testigo.

El Cuadro 4 resume la información obtenida sobre los contaminantes atmosféricos presentes en algunos de los sitios.

Finalmente, el Cuadro 5 incluye la cobertura de *Parmelia* en los diferentes barrios del área metropolitana de San José.

Se observó una correlación positiva bastante estrecha ($r=0,83$) entre el porcentaje de células muertas en los trasplantes y la cantidad de contaminantes depositados en el talo de los líquenes.

DISCUSION

El dióxido de azufre (SO_2) es uno de los contaminantes químicos que afectan más a los líquenes, a tal punto que en ciertos casos llegan a eliminarlos por completo (Barkman, 1969; Boertitz y Ranft, 1972; Bystrek, 1974; Daly, 1970; Gilbert,

CUADRO 2

Cambios de la coloración en los trasplantes de líquenes expuestos a contaminantes atmosféricos y grado de deposición del contaminante

Localidad	Cantidad de contaminante (*)	Color final del trasplante después de 8 meses de exposición (**)
Fábrica Nacional de Licores	3	Verde claro, blanco, amarillo, pardo
Estación del Ferrocarril al Atlántico	1	Verde claro, verde grisáceo
Barrio González Lahmann	1	Verde grisáceo, verde claro
Barrio Otoya	1	Verde grisáceo, verde claro
Estacionamiento N° 8 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	0	Verde grisáceo
Barrio San Bosco	0	Verde grisáceo
Extractores Laboratorio Química General	4	Blanco, pardo
Ventanas del Edificio de Química	0	Verde grisáceo, verde claro
Planta de Metalco	1	Blanco, pardo, verde claro
Escuela de Colima de Tibás	3	Blanco, verde claro y pardo
Planta de Ecasa	1	Verde claro, amarillo pardo
Jardines de la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	0	Verde grisáceo.

* Escala valorativa de 0 – 4 según el grado de deposición del contaminante

** El color original de todos los trasplantes era verde grisáceo.

CUADRO 3

Pérdida de peso de los trasplantes de líquenes y porcentaje de células muertas de los talos en varios sitios del área metropolitana de San José

Localidad	Porcentaje promedio de pérdida de peso en 10 mg		Porcentaje promedio de células muertas	
Fábrica Nacional de Licores	4,47	X	61,19	XX
Estación del Ferrocarril al Atlántico	1,08	NS	11,72	NS
Barrio González Lahmann	1,79	NS	18,75	X
Barrio Otoya	1,61	NS	16,00	NS
Parqueo N° 8, Universidad de Costa Rica	1,36	NS	9,06	NS
Barrio San Bosco	1,37	NS	16,00	NS
Extractores Laboratorio Química General-UCR.	6,68	XX	100,00	XX
Ventanas del Edificio de Química, UCR	3,20	NS	15,25	NS
Fábrica Metalco	6,82	X	81,00	XX
Escuela de Colima de Tibás	7,36	XX	76,08	XX
Ensambladora Ecasa	4,45	X	91,20	XX
Areas Verdes UCR.	1,04		7,67	

NS = No significativo estadísticamente.

X = Significativo.

XX = Altamente significativo.

1969; Hawksworth, 1971; Le Blanc y Rao, 1966, 1973; Le Blanc, Comeau y Rao, 1971; Leitz, 1972; Sundstrom y Hallgren, 1973; Vareschi y Moreno, 1973). Además del dióxido de azufre, el azufre y otros compuestos de este elemento también afectan a los líquenes (Hill, 1974; Olkkonen y Takala, 1975; Seaward, 1973; Sundstrom y Hallgren, 1973). Le Blanc y Rao (1973) observaron que los líquenes expuestos a una atmósfera contaminada con dióxido de azufre, se recubren de sustancias hidrófobas solubles en acetona que aumentan la biomasa de estos seres.

En el presente estudio se observó que los trasplantes que mostraron mayor deposición de sustancias solubles en acetona fueron los de los sitios con mayor contaminación de dióxido de azufre (Cuadro 3). Este es el caso de los trasplantes de la Escuela de Colima de Tibás, que mostraron una pérdida de peso de 7,36%, estadísticamente diferente del testigo. Esta escuela se encuentra localizada en las cercanías de un pequeño centro industrial formado por la Laminadora Costarricense, S. A., la Fábrica Metalco y las plantas térmicas del Instituto Costarricense de Electricidad. Estas industrias emplean como combustible "bunker" de cuya combustión se desprende dióxido de azufre (Cuadro 4). Es interesante anotar que la directora manifestó que los escolares de ese centro educativo padecen de muchas afecciones de los ojos. Los trasplantes de líquenes colocados en los extractores del laboratorio de Química General de la Universidad de Costa Rica también mostraron incrementos significativos de peso por la producción de sustancias solubles en acetona. También fueron significativos los aumentos de peso de los trasplantes colocados en el interior de la planta de Metalco y de la Autoensambladora ECASA. En ambos sitios la producción de contaminantes atmosféricos es notable (Cuadro 4). Un caso notorio es el de los alrededores de la Fábrica Nacional de Licores en los que conjugan tanto los contaminantes de esta planta industrial como los de los escapes de los numerosos vehículos automotores que circulan por ahí. En las otras localidades donde se colocaron trasplantes no se obtuvo valores significativos con los métodos empleados; todos estos sitios están sujetos a la influencia de los escapes de vehículos automotores, pero no a emanaciones de fábricas.

Los resultados de este estudio coinciden con lo observado por Le Blanc y Rao (1973), que el aumento de peso de las muestras de líquenes en áreas con alta contaminación atmosférica se debe a sustancias solubles en acetona que se depositan en el talo. Según Barkman (1969), la alta sensibilidad de los briófitos y líquenes a los contaminantes atmosféricos se debe en gran parte a que estos organismos carecen de una cutícula impermeable y por lo tanto el intercambio gaseoso tiene lugar en toda su superficie. Además, estos absorben el agua de lluvia directamente en su superficie, y la mayoría de los gases tóxicos que contaminan la atmósfera, son muy solubles en ella.

El Cuadro 3 muestra que en la Escuela Rafael Vargas Quirós en Colima de Tibás el número de células muertas en los talos de los líquenes es muy elevado. Esta situación se debe probablemente al dióxido de azufre que se libera de la combustión del "bunker" empleado en las industrias vecinas. La misma situación se presenta en la planta Metalco situada en las vecindades de la Escuela de Colima, la Ensambladora y en la Fábrica Nacional de Licores, Ecasa en la región de Pavas. En el Barrio González Lahmann, aunque el porcentaje de células muertas no fue estadísticamente significativo, si tiene un valor más alto que en otros sitios, lo que se puede deber a la liberación de monóxido de carbono y de dióxido de azufre del escape de los numerosos vehículos automotores que circulan por esa área. Barkman (1969) y Barkman, Rose y Westhoff (1968) observaron que los líquenes están ausentes en las cercanías de las carreteras de mucho tránsito.

CUADRO 4

Contaminantes atmosféricos en varias localidades del área metropolitana de San José

Sitio	Contaminante	Responsable de la información
Fábrica Nacional de Licores	Hollín, vapores de las calderas: SO ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O vapores de fermentación: C ₂ H ₅ OH y H ₂ O	Lic. Guillermo Hidalgo, Jefe de la producción de alcohol
Fábrica Metalco	Vapores de: Zn, HCl, NH ₄ Cl, H ₂ CrO ₄ , SO ₂ , CO	Sr. Antonio Molina Ing. José Avila
Ensambladora Ecasa	Vapores de: H ₃ PO ₄ , H ₂ CrO ₄ , SO ₂	Ing. Pedro Cortéz
Laboratorio de Química Universidad de C.R.	Vapores de: SO ₂ , CO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , HCl, Cl ₂ , NO y CO	Lic. Niko Hilje
Laminadora costarricense S.A.	Vapores de: SO ₂	Sr. Carlos Rojas
Plywood de Costa Rica	Gases de combustión de leña	Sr. Eduardo Cuadra
Plantas térmicas del Instituto Costarricense de Electricidad en Colima de Tibás	Vapores de: SO ₂ , CO y CO ₂	Ing. Rodolfo Méndez

Rao y Le Blanc (1967) comprobaron que la clorofila se degrada a feofitina mediante la acción de soluciones de dióxido de azufre y que aun en concentraciones de 0,154 ppm, este compuesto es mortal para el simbiote alga, en el talo del líquen. También se ha demostrado que el dióxido de azufre y otros contaminantes disueltos en el rocío o en el vapor de agua en el aire inhiben el crecimiento y desarrollo de los talos de los líquenes y causan alteraciones en la actividad enzimática y en la asimilación y respiración (Bystrek, 1974). Parece ser que los contaminantes actúan primero sobre el delicado equilibrio simbiótico entre los dos componentes, que parecen ser más sensibles juntos que separados (Barkman, Rose y Westhoff, 1968).

Es interesante notar que este estudio muestra que existe una relación bastante estrecha entre la cantidad de contaminantes depositados en los talos y el número de células muertas, lo que guarda relación con la información cualitativa sobre contaminantes atmosféricos en los varios sitios bajo estudio (Cuadros 3 y 4).

En los sitios de mayor contaminación el verde grisáceo característico de los líquenes se tornó a blanco, verde claro, amarillo y pardo, lo que coincide con lo observado por Barkman, Rose y Westhoff (1968) en que un efecto secundario del dióxido de azufre es el blanquear mediante un proceso de reducción, la formación de pigmentos. Además, Le Blanc y Rao (1973) demostraron que en los líquenes expuestos a la contaminación atmosférica, por dióxido de azufre se producen carotenoides y feofitinas y Nash (1973) observó una conversión de la clorofila a feofitinas en líquenes fumigados con dióxido de azufre.

Varios autores han demostrado que como consecuencia de la contaminación atmosférica se produce una reducción y posteriormente la total desaparición de los

briófitos y líquenes en una localidad, lo que se ha denominado un “desierto de epífitas” (Brodo, 1966; Barkman, 1969). Leitz (1972), en Alemania, observó una correlación entre las fronteras de este “desierto” y la cantidad de dióxido de azufre en el aire. Para Barkman, Rose y Westhoff (1968) el desierto de epífitas es una área que puede tener algas epífitas y briófitos, pero en la que están ausentes los líquenes excepto *Lecanora conizaeoides*. Pisut y Jelinkova (1974) distinguen tres zonas de líquenes epífitos de acuerdo con el grado de contaminación atmosférica: el desierto; la zona de transición; y la zona normal. Pero Vareschi y Moreno (1973) dividieron la Ciudad de Caracas Venezuela en cuatro zonas: una de gran abundancia de especies y sanas; otra con empobrecimiento de las especies y aumentos de las crustáceas; una tercera zona con líquenes muy reducidos y afectados por la contaminación y la cuarta que carece de líquenes normales y en la que se observan solo manchas de prótalos que no forman talos completos.

CUADRO 5

Cobertura promedio de Parmelia en troncos de árboles en varias localidades del área metropolitana de San José

Localidad	Substrato	Porcentaje promedio de cobertura
Barrio Otoya	<i>Trichilia glabra</i>	32,00
Biblioteca Nacional	<i>Trichilia glabra</i>	19,00
Estación del Ferrocarril al Atlántico	<i>Trichilia glabra</i>	24,00
Fábrica Nacional de Licores	<i>Trichilia glabra</i>	1,89
Barrio San Bosco	<i>Trichilia glabra</i>	36,70
Barrio González Lahmann	<i>Trichilia glabra</i>	30,00
Barrio San Bosco	<i>Ligustrum lucidum</i>	32,00
Avenida 1a, Calles 17 y 19	<i>Ligustrum lucidum</i>	20,00
Zona industrial de Pavas	<i>Erythrina poeppigiana</i>	0,25
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio	<i>Tabebuia rosea</i>	43,39
Paseo Colón	<i>Tabebuia rosea</i>	4,15
Los Yoses, Avenida Central	<i>Tabebuia rosea</i>	4,77

La información obtenida en este estudio permite dividir la ciudad de San José y sus alrededores en tres zonas: una zona normal en los barrios Otoya, San Bosco y Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, una intermedia o de transición en el Ferrocarril al Atlántico y Barrio González Lahmann y por último un desierto de líquenes en la Fábrica Nacional de Licores, Paseo Colón, Los Yoses, Avenida Central y sector industrial de Pavas.

RESUMEN

Se estudió la capacidad de los líquenes como indicadores del grado de contaminación atmosférica en el área metropolitana de la ciudad de San José, Costa Rica. Los trasplantes de líquenes mostraron que existe una correlación positiva estrecha ($r=0,83$) entre el porcentaje de células muertas en el talo y la cantidad de contaminantes que se depositan en la superficie de éste. Se observó también que en aquellos sitios que tienen más contaminación atmosférica (vías de alta frecuencia de tránsito y zonas industriales) se presenta la mayor alteración de los trasplantes. El estudio de la cobertura de *Parmelia* en el tronco de varias especies de árboles mostró

que la atmósfera de la ciudad de San José, presenta ya, como ocurre en otras urbes del mundo, tres zonas de crecimiento de líquenes: normal, de transición y de desierto.

REFERENCIAS

Barkman, J.J.

1969. The influence of air pollution on bryophytes and lichens, p. 197–209. *In* Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Proceedings of the First European Congress on the influence of air pollution on plants and animals. Wageningen, Holanda.

Barkman, J.J., F. Rose, & V. Westhoff

1968. The effect of air pollution on non vascular plants, p. 237–241. *In* Centre for Agricultural publishing and Documentation, Proceedings of the First European Congress on the influence of air pollution on plants and animals. Wageningen, Holanda.

Bishop, J.A., L.M. Cook, J. Muggleton, & M.R.D. Seaward

1975. Moths, lichens and air pollution along a transect from Manchester to North Wales. *J. Appl. Ecol.*, 12: 83–98.

Boertitz, S., & H. Ranft

1972. Zur SO₂ und HF Empfindlichkeit von Flechten und Moosen. *Biol. Zbl.*, 91: 613–623.

Brodo, I.M.

1961. Trasplant experiments with corticolous lichens using a new technique. *Ecology*, 42: 838–841.

Brodo, I.M.

1966. Lichen growth and cities; á study on Long Island, New York. *Bryologist*, 69: 427–449.

Brown, R. T.

1974. Furnace fuel, air pollution accumulated in snow and lichen growth on trees. *Mich. Acad. Sci.*, 7: 149–156.

Bystrek, J.

1974. Wrazliwosc porostow na zanieczyszczenia atmosferyczne. *Ann. Univ. Mariae Curie Sklodowska. Sect. C. Biol.*, 29: 413–420.

Daly, G.T.

1970. Bryophytes and lichens as indicators of air pollution in Christchurch, New Zealand. *Ecol. Soc. Proc.*, 17: 70–79.

Gilbert, O.L.

1969. The effect of SO₂ on lichens and bryophytes around Newcastle-Upon-Tyne, p. 223–235. *In* Centre for Agricultural Publishing and Documentation Proceedings of the First European Congress on the influence of air pollution on plants and animals. Wageningen, Holanda.

Hawksworth, D.L.

1971. Lichens as litmus for air pollution: A historical review. *Int. J. Environ. Stud.*, 1: 281–296.

Hawksworth, D.L., & F. Rose

1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature (London)*, 227: 145–148.

Hill, D.J.

1974. Some effects of sulphite on photosynthesis in lichens. *New Phytol.*, 73: 1193–1205.

Le Blanc, F., & D.N. Rao

1966. Réaction de quelques lichens et mousses épiphytiques à l'anhydride sulfureux dans la région de Sudbury, Ontario. *Bryologist*, 69: 338–346.

Le Blanc, F., & D.N. Rao

1973. Evaluation of the pollution and drought in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*, 76: 1–19.

Le Blanc, F., G. Comeau, & D.N. Rao

1971. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. *Can. J. Bot.*, 49: 1691–1698.

Leitz, W.

1972. Flechtenwuchs und Luftverunreinigung im Grossraum von Saarbruecken. *Bert. Deutsch. Bot. Ges.*, 85: 239–247.

Mudd, J.B., & Kozlowsky, (eds.)

1975. Responses of plants to air pollution. Academic Press. 383 p.

Nash, T.H.

1973. Sensitivity of lichens to sulphur dioxide. *Bryologist*, 76: 333–339.

Olkkonen, H., & K. Takala

1975. Total sulphur content of an epiphytic lichen as an index of air pollution and the usefulness of the x-ray fluorescence method in sulphur determinations. *Ann. Bot. Fenn.*, 12: 131–134.

Pisut, I., & Eva Lisicka-Jelinkova

1974. Epiphytische Flechten in der Umgebung einer aluminum huette in der Mittelslowakei. *Biologia (Bratisl.)*, 29: 29–38.

Rao, D.N., & F. Le Blanc

1967. Influence of an iron sintering plant on the epiphytic vegetation in Wawa, Ontario. *Bryologist*, 69: 69–75.

Seaward, M.R.D.

1973. Lichen ecology of the Scunthrope Heathlands: I. Mineral accumulation. *Lichenologist*, 5: 423–433.

Sundstrom, K.R., & J.E. Hallgren

1973. Using lichens as physiological indicators of sulfurous pollutants. *Ambio*, 2: 13–21.

Vareschi, V., & E. Moreno

1973. La contaminación en Caracas en los años 1958–1973. *Bol. Soc. Venezolana de Ciencias Nat.*, 30: 387–444.