



ISSN 1850-2512 (impreso)
ISSN 1850-2547 (en línea)

UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Documentos de Trabajo

Area de Estudios Ambientales y Urbanos

**Análisis de índices de contaminación del aire
en la Ciudad de Buenos Aires**

Nº 104

**Lucila Boffi Lissin
Moira Zellner
Nérida Theinhardt**

Departamento de Investigaciones

Octubre 2003

Universidad de Belgrano
Zabala 1837 (C1426DQ6)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
Tel.: 011-4788-5400 int. 2533
e-mail: invest@ub.edu.ar
url: <http://www.ub.edu.ar/investigaciones>

Para citar este documento:

Boffi Lissin, Lucila; Zellner, Moira; Theinhardt, Nérida (2003). Análisis de índices de contaminación del aire en la Ciudad de Buenos Aires.

Documento de Trabajo N° 104, Universidad de Belgrano. Disponible en la red:

http://www.ub.edu.ar/investigaciones/dt_nuevos/104_boffi.pdf

Queremos recordar al Dr. A. Capurro, quien formó y dirigió al grupo que llevó adelante este trabajo que fue concluido luego de su desaparición física..

Agradecimientos

A la Lic. Silvia Jankilevich por la lectura crítica del manuscrito. Al Arq. Guillermo Brenan de la Secretaría de Transporte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires por la información suministrada. A Beat Hintermann, Natalia Módena y Gabriela Levy por la ayuda en la recolección de la información y el análisis de los datos. A los alumnos de la facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Belgrano por su ayuda en el muestreo del tránsito.

Análisis de índices de contaminación del aire en la Ciudad de Buenos Aires

L. Boffi Lissin*, M. Zellner**, N. Theinhardt***

Resumen

El objetivo de este trabajo es validar empíricamente un índice potencial de contaminación del aire para la Ciudad de Buenos Aires (Zellner, 1995), el cual supone que el transporte automotor es la principal fuente emisora de contaminantes en la ciudad. Para tal fin, se utilizaron dos métodos de evaluación del nivel de contaminación:

- 1) químico, a través de la medición de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) con muestreadores pasivos y,
- 2) biológico, mediante la abundancia de líquenes, como bio-indicadores de la calidad del aire.

Los resultados obtenidos mostraron, para los valores del índice calculados en los mismos puntos, una correlación positiva significativa con las mediciones de NO₂ y una negativa significativa con la abundancia de líquenes.

Este índice puede ser considerado un buen predictor de la contaminación del aire en la Ciudad de Buenos Aires, y se constituye en una herramienta útil para evaluar las consecuencias de los cambios en los volúmenes del tránsito sobre la calidad del aire en un área seleccionada, permitiendo evaluar propuestas de planificación urbana.

* Departamento de Investigaciones - Universidad de Belgrano.

** Urban and regional Planning Program - Universidad de Michigan.

*** Departamento de Biología - Universidad de Buenos Aires.

Introducción

En las grandes ciudades, especialmente de los países en desarrollo, el autotransporte (vehículos con motores de combustión interna) constituye una fuente importante de los contaminantes tóxicos que quedan suspendidos en el aire (Banco Mundial, 1992). Esta situación se ve agravada debido a que gran parte del parque automotor se encuentra en malas condiciones, presenta una edad media elevada y los combustibles utilizados son de baja calidad.

La Ciudad de Buenos Aires, que no escapa a las condiciones descriptas, además no cuenta con monitoreo sistemático y representativo de los niveles de concentración de los contaminantes en la atmósfera. Los pocos datos obtenidos en una serie temporal mayor a diez años provienen de un único punto de la ciudad ubicado en la intersección de la calle Talcahuano y la Av. Corrientes¹.

La concentración de contaminantes en el aire en las zonas urbanas está influenciada por múltiples factores (OMS, 1988) como, por ejemplo, superficies con materiales de variadas características; gran variedad de formas y de orientaciones de las estructuras edilicias; elevada producción de calor, especialmente ocasionada por el uso de calefacción en invierno; rápido escurrimiento de la precipitación pluvial; y alta carga de contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos en el aire.

En los espacios urbanos existen una serie de variables importantes a ser consideradas en el análisis del fenómeno de la contaminación del aire, dado que influyen en la concentración y/o dispersión de los contaminantes. Una de estas variables es la ventilación, proceso que implica un intercambio vertical de masas de aire, ya sea por difusión, por movimientos verticales provocados por fricción del viento o por convección. Otras variables relevantes son la dirección del viento, la orientación y el ancho de las vías de circulación, la altura y grado de asimetría de la edificación por manzana (De Paul y Sheih, 1985; Dabberdt y Hoydysh, 1991 y Lanzani y Tamponi, 1995).

En este estudio se utilizaron dos índices de contaminación del aire para la Ciudad de Buenos Aires, el "índice de riesgo de contaminación" (IR) y el "índice de contaminación potencial" (IC). El IR es indicativo de la capacidad atmosférica de dispersión de contaminantes, integra variables de la configuración espacial urbana y meteorológicas; el IC resulta de la combinación del IR y la densidad del flujo vehicular, tomado como indicador de la cantidad de emisión de contaminantes.

A fin de validar los mencionados índices se utilizaron dos tipos de métodos para la evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos, uno químico y otro biológico.

La evaluación química consistió en la determinación de la concentración de NO₂, mediante muestreadores pasivos. La elección del NO₂ como indicador, se basó en la alta correlación que presenta la concentración de este compuesto con la de monóxido de carbono (CO) y de hidrocarburos policíclicos aromáticos particulados (Fernández Prioni et al. 1997). Por otra parte, el mencionado compuesto es el mayor toxicidad entre los óxidos de nitrógeno (Glasius et al. 1999) y está altamente relacionado con las emisiones producidas por el autotransporte en su proceso de combustión (Heal et al. 1999).

La evaluación biológica consistió en la utilización de la abundancia de ciertas especies de líquenes² como bio-indicadores de la calidad del aire. La hipótesis de que la abundancia de los líquenes responde a la presencia de aire no contaminado se basa en la relación estrecha existente entre el empobrecimiento (tanto en especies como en abundancia) de la flora de líquenes en el centro de las ciudades con altos grados de contaminación del aire; así como la abundancia de estos en las zonas rurales, (Pérez de la Torre, 1982).

Algunas de las ventajas del uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica (Nimis, 1990) radican en una serie de características como ser: carecen de protección o estructuras de selec-

¹ Mediciones realizadas por la Fundación Siglo XXI.

² Los líquenes componen un grupo de plantas no vasculares constituidos por el crecimiento simbiótico de hongos (micobionte) y algas (ficobionte).

tividad a las sustancias contaminantes presentes en el medio ambiente; la mayoría de los nutrientes que utilizan derivan de deposiciones de partículas que se encuentran en la atmósfera; son fotosintéticamente activos durante todo el año, con un largo ciclo de vida; son muy sensibles a ciertos agentes gaseosos, como dióxido de azufre (SO₂), ácido fluorhídrico (FH), etc.. Además, tienden a acumular grandes concentraciones de metales pesados sin sufrir grandes daños aparentes y son muy sensibles a pequeños cambios de pH en el sustrato (Theinhardt 1999). Asimismo poseen bajo costo, razón por la cual es posible tener una gran cantidad de estaciones de muestreo.

Materiales y Métodos

Indices de riesgo e índices de contaminación atmosférica potencial

Índice de riesgo (IR) (Zellner 1995 y Zellner et al. 1996):

Este índice mide la capacidad de la atmósfera para dispersar los contaminantes gaseosos, así altos valores en el IR se corresponden con una mayor tendencia a la retención de gases nocivos para la salud pública. Su construcción tiene en cuenta variables indicativas de la configuración urbana y variables meteorológicas que se combinan según su efecto sobre la concentración o dispersión de contaminantes en el espacio urbano.

Se formularon 7 alternativas del índice de riesgo:

$$IR_1 = (H_{prom} + H_{mín}) \times 100 / (AC \times Vh)$$

$$IR_2 = (H_{prom} + H_1) \times 100 / (AC \times Vh)$$

$$IR_3 = H_{prom} \times 100 / ((|H_1 - H_2| + 1) \times AC \times Vh)$$

$$IR_4 = H_{prom} \times 100 / ((|H_1 - H_2| + 1) \times AC \times V \times Fh)$$

$$IR_5 = H_{prom} \times 100 / ((|H_1 - H_2| / 2 + 1) \times AC \times V \times Fh)$$

$$IR_6 = (H_{prom} + H_{mín}) \times 100 / (AC \times V \times Fh)$$

$$IR_7 = (H_{prom} + H_1) \times 100 / (AC \times V \times Fh)$$

AC: Ancho de la calle en el arco

Fh: Factor de relación entre la altura promedio de las dos manzanas

H_{prom}: Promedio de la altura media de las 2 manzanas que forman el arco³

H_{mín}: Altura media de la manzana más baja

H₁: Altura media de manzana que enfrenta al viento predominante

H₂: Altura media de manzana que no enfrenta al viento predominante

V: Índice de ventilación

Vh: Índice único de ventilación

Cada uno de ellos puede relativizarse de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IR_i \text{ rel} = IR_i \times 100 / IR_i \text{ máx}$$

Índice de Contaminación (IC) (Zellner 1995 y Zellner et al. 1996):

Dado el supuesto que es el tránsito vehicular la fuente principal de contaminación en la Ciudad de Buenos Aires, los índices de contaminación se calculan como:

$$IC_i = IR_i \text{ rel} \times Frel$$

IR_i rel: índice de riesgo relativo para el arco en cuestión (i) y,

Frel: flujo vehicular relativo de dicho arco.

El flujo relativo se obtiene dividiendo el flujo de dicho arco por el mayor valor de flujo hallado en el muestreo.

³ Arco: es la porción de calle que abarca de una esquina a otra.

Índice de abundancia de líquenes (IAL) (Theinhardt 1999):

El "Índice de abundancia de líquenes" (IAL) fue desarrollado por Moore (1974) y es una modificación del "Índice de Pureza Atmosférica" (IAP) elaborado por Le Blanc & De Sloover (1970) y utilizado ampliamente por Nimis (1991).

$$IAL = (Qa/Qs) \times C$$

Qa: número promedio de especies que acompañan a una especie dada, sin tener en cuenta el sustrato;
Qs : número promedio de especies que acompañan a una especie en particular sobre un sustrato dado;
C: valor de la escala de cobertura⁴.

Área de estudio seleccionada

Para la determinación de la concentración de NO₂ se seleccionó el área del Barrio Belgrano (ubicado en el nordeste de la Ciudad de Buenos Aires) que se encuentra comprendida por la Avenida Monroe (al norte), la Avenida Crámer (al oeste), la Avenida Del Libertador (al este) y las vías del ferrocarril Gral. Mitre (al oeste y al sur).

Belgrano es considerado como la principal subcentralidad de la Ciudad; es un barrio de carácter residencial altamente densificado, con una población de nivel socio-económico medio a alto. Las actividades comerciales y de servicios se encuentran, principalmente, concentradas en las avenidas, como Cabildo y Luis María Campos entre otras. Aún presenta, en ciertas zonas, cantidad de espacios verdes (plazas), veredas amplias y arboladas. La presencia de edificios altos y lindantes unos con otros, en gran parte del área, coincide con las vías de circulación más utilizadas y que habitualmente sufren congestión vehicular en las horas pico.

Selección de las estaciones de muestreo para la determinación de la concentración de NO₂

Para realizar la determinación de la concentración de NO₂ dentro del área mencionada, se eligieron 25 puntos al azar en los cuales se relevaron los datos. En cada punto se colocaron 2 muestreadores pasivos para NO₂, consistentes en tubos plásticos (Passam AG Zurich, Suiza) que por difusión recolectan aire de la atmósfera. Los tubos protegidos por un recipiente opaco, fueron dispuestos a la intemperie a 3,5 metros de altura en el lado norte u oeste del arco, según la orientación de la calle, durante 11 días. Una vez terminado el período fueron recolectados, tapados y enviados al laboratorio de Pasma AG para su análisis.

La elección de los muestreadores pasivos se basó en las ventajas que presentan tales como: eficiencia, bajo costo, corto tiempo de preparación y exposición y fácil transporte. Además, pueden utilizarse para evaluar simultáneamente una gran cantidad de puntos distintos dentro de un área sin necesidad de energía eléctrica ni mantenimiento.

La comparación entre los valores obtenidos de la concentración de NO₂ y los valores de los 7 índices de riesgo para los mismos puntos se realizó Mediante el Test de Kendall, coeficiente de correlación T de rangos ordenados (Siegel y Castellan, 1995).

Selección de las estaciones de muestreo para la validación biológica de los índices

Con el fin de relevar presencia o abundancia de líquenes se eligieron al azar, dentro de toda la Ciudad de Buenos Aires, zonas con bajos y altos valores de IC respectivamente, determinadas en un trabajo previo (Zellner 1995). A su vez, en cada una de estas zonas se seleccionaron cuadras al azar, tomándose como estación o unidad de relevamiento el árbol con mayor diversidad específica⁵ y/o cobertura de líquenes. La especie arbórea escogida fue *Fraxinus americana* (fresno) por ser el sustrato más frecuente (50% de la

⁴Cobertura: es el porcentaje de la superficie del tronco del árbol cubierta por los líquenes.

⁵ Diversidad específica: es un índice que compuesto constituido por el número de especies distintas presentes y la representación proporcional de cada una de ellas.

Ciudad). Para cada una de las unidades de relevamiento se calculó el IAL, y se realizó una correlación de Pearson entre los valores del IAL y el IC para el mismo punto.

Cálculo de los IR

De los datos requeridos para el cálculo de los IR, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires proporcionó la información de ancho de las calles, altura media de los edificios de las manzanas consideradas y orientación de las calles. En aquellos casos para los cuales de carecía de la información correspondiente a altura media para alguna manzana, los datos se obtuvieron in-situ contando el número de pisos por edificio y multiplicando por la altura estándar. El ancho de calle se definió como la distancia entre las líneas municipales de dos cuadras edificadas enfrentadas. En el caso de existir una plaza, ésta se incorporó al ancho de calle.

El índice único de ventilación (Vh) o el factor de relación entre la altura de las dos manzanas (Fh) tomaron valores de acuerdo a la tabla 1 (Zellner 1995):

	Vh	Fh
$H_1=H_2$	1	1
$H_1<H_2$ (E-O)	4	2
$H_1<H_2$ (S-N)	5	2
$H_1>H_2$ (S-N)	2	3
$H_1>H_2$ (E-O)	3	3

Tabla 1: Valores que pueden tomar Vh (índice único de ventilación) o Fh (factor de relación entre las alturas) de acuerdo a las alturas de las cuadras (H_1 y H_2) y a la orientación de las mismas.

Para el cálculo de la ventilación (V) se determinó, con datos del Servicio Meteorológico Nacional, la dirección del viento predominante durante el período que duró el estudio que resultó ser este-sudeste (ESE) y se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = CV \pm (O_i - O_m) \times (2,5 / 0,3927) \text{ (Zellner 1995 y Zellner et al. 1996).}$$

CV: clase de ventilación correspondiente al O_i

O_m : valor en radianes de la orientación de la calle

O_i : valor en radianes del intervalo de orientación más próximo al valor de O_m .

Flujo vehicular

Los datos sobre el flujo vehicular, cantidad de vehículos que pasan por un punto fijo en un determinado tiempo, fueron relevados durante este estudio, dado que el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires no contaba con esta información para el barrio de Belgrano.

Para el relevamiento del flujo, llevado a cabo del 10 de noviembre al 18 de diciembre de 1998, entre las 9:30 y 11:30 am, se realizaron conteos en 300 de los 600 puntos del área de estudio definida. En cada punto y durante 5 ciclos⁶ del semáforo se registró la cantidad total de vehículos que pasaban por el mismo, como también, aquellos que doblaban a derecha y/o izquierda. Los vehículos fueron clasificados en 5 categorías: autos particulares, taxis, colectivos, utilitarios y motos. En aquellos puntos carentes de semáforo, los conteos se realizaron durante 5 intervalos de 100 seg, considerados como el valor promedio de duración de un ciclo de semáforo rojo-rojo.

En los casos en los cuales las vías eran de doble mano se sumaron la cantidad de vehículos por mano. Con estos valores y considerando que el tránsito, en ese intervalo de tiempo, es el 7 % del valor diario, se calculó el flujo diario para cada arco (F). Posteriormente, se dividió cada valor de F por el mayor valor de F hallado en todo el muestreo, obteniéndose un flujo relativo

$$F_{rel} = F / F_{max}$$

⁶ Ciclo de semáforo: tiempo transcurrido entre dos estados de luz roja, pasando por el verde.

Resultados

En la tabla 2 se muestran los resultados de la concentración de NO₂ obtenidos con los muestreadores pasivos. Se puede observar la existencia de tres puntos que sobrepasan los niveles de NO₂ permitidos⁷ y cinco muy cercanos al límite.

Tabla 2. Valores de concentración de NO₂ registrados con los muestreadores pasivos.

Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) Concentración admisible establecida por la ordenanza de laMCBA N°: 39.025/83 para el NO ₂ = 0.1 mg/m ³		
Calle	Intersección	Concentración (mg/m ³)
Cabildo	Olazabal	0.110 *
La Pampa	Cabildo	0.103 *
Del Libertador	Mendoza	0.102 *
Luis M. Campos	Chenaut	0.100 **
Cabildo	Matienzo	0.098 **
Juramento	Cuba	0.098 **
V. del Pino	Ciudad De la Paz	0.096 **
La Pampa	11 de Septiembre	0.096 **
Blanco Encalada	Cabildo	0.092
J. Hernández	Vidal	0.091
Vidal	J. Hernández	0.086
Luis M. Campos	Olleros	0.086
Mendoza	O'Higgins	0.084
Del Libertador	Maure	0.080
Sucre	Arcos	0.080
J. Hernández	O'Higgins	0.078
T. García	3 de Febrero	0.077
Vuelta de Obligado	Monroe	0.074
Virrey Vértiz	Sucre	0.074
Villanueva	F. Lacroze	0.074
Amenábar	Blanco Encalada	0.072
Zabala	L. M. Campos	0.070
Palpa	Ciudad de la Paz	0.068
Moldes	F. Lacroze	0.067
Arcos	Virrey Loreto	0.062

Las concentraciones encontradas indican que en Belgrano ya existirían zonas con contaminación del aire. Los dos primeros puntos corresponden a la zona más céntrica del barrio y el tercero a la avenida Del Libertador, vía rápida que une la zona norte de la región metropolitana con el centro de la Ciudad de Buenos Aires.

En la tabla 3 se presentan las correlaciones de Kendall (tau) entre los índices de contaminación (ICi) y los valores de concentración de NO₂. En la misma se puede observar la existencia de dos grupos de índices, por un lado, IC1, IC2, IC6 e IC7 con una muy elevada correlación entre sí y buena correlación con los datos de NO₂. Por el otro, IC3, IC4 e IC5 con valores menores, tanto en la correlación entre sí, como con los datos

⁷ Valor admitido o admisible: es el valor máximo de concentración del contaminante que por convención las Autoridades en Salud asumen que no es perjudicial para la salud pública.

de NO₂. No obstante es de destacar que las 7 variedades de índices de contaminación mostraron una correlación significativa con los datos obtenidos en campo.

Tabla 3: Índice de correlación Kendall tau entre los índices de contaminación (ICi) y entre los mismos y los valores de concentración de NO₂

	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7	NO ₂
IC1	1							
IC2	0.99**	1						
IC3	0.14	0.13	1					
IC4	0.18	0.17	0.77**	1				
IC5	0.22	0.21	0.75**	0.96**	1			
IC6	0.99**	0.99**	0.13	0.17	0.21	1		
IC7	0.99**	0.99**	0.13	0.17	0.21	1.00**	1	
NO ₂	0.44**	0.43**	0.30**	0.26*	0.30**	0.43**	0.43**	1

** Significancia al 95 % * Significancia al 90 %

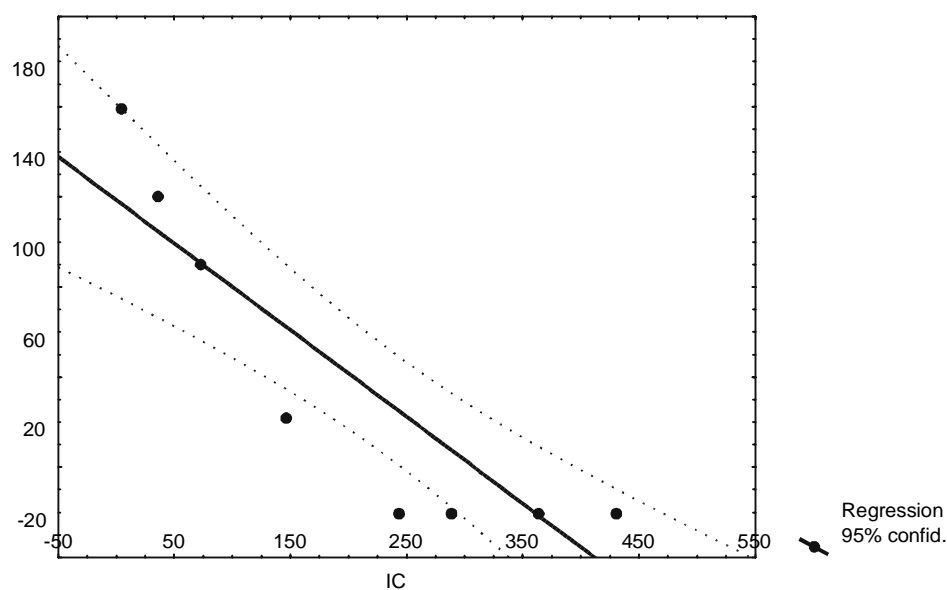
La relación entre los valores del IAL y los dos índices fue altamente significativa.

La Tabla 4 muestra un resumen de los valores hallados. Asimismo, en la Figura 1 se presenta la relación significativa entre el IC y el IAL.

Tabla 4. Niveles de correlación y significancia entre los índices y el IAL

Variable	Correlación: r	p- level
IC6	-0,9041	0,000329 *
IR6	-0,4893	0,000150 *
Significancia mayor al 99 %.		

Figura 1. Correlación entre los IAL e IC para *Fraxinus americana*.



Discusión

Las variantes de índices de riesgo que incluían la diferencia absoluta de las alturas de las manzanas de cada arco en el denominador, resultaron ser las menos correlacionadas con los valores de NO_2 obtenidos. El motivo de la inclusión de la diferencia absoluta de altura en el denominador fue que se la consideró como una medida de generación de turbulencia que disminuiría el riesgo de concentración de contaminantes (Zellner 1995). Sin embargo, esta incorporación redujo el poder predictivo del índice, aún cuando se disminuyó este efecto dividiendo la diferencia de alturas por 2 en el IR5.

Se consideró que los índices IR1 e IR2 mejoraban si se tenía en cuenta el factor de heterogeneidad (Fh). (Zellner, 1995). No obstante, la validación realizada mediante la obtención de las concentraciones de NO_2 no mostró que esa consideración o corrección realmente influyera en el poder predictivo del índice.

Los resultados que se obtienen de los muestreadores pasivos corresponden a una concentración media del contaminante durante el periodo en que estuvieron expuestos, por lo tanto no es una buena técnica para determinar picos de contaminación (Fernández-Prini et al. 1997, Heal et al. 1999). Sin embargo, dado que el índice por su naturaleza, también predice contaminación promedio y no picos, el uso de estos instrumentos permitió obtener datos comparables con los obtenidos por el índice.

En cuanto a la presencia o ausencia de líquenes, es un dato que resulta de un proceso de deterioro del ambiente debido a la contaminación y no de episodios aislados, por lo que, la información obtenida con los bio indicadores también resultaron contrastables a los obtenidos por el índice.

Conclusiones

Los dos métodos utilizados para la validación demostraron que los índices elegidos resultaron ser buenos predictores de la calidad del aire, en un punto de la Ciudad de Buenos Aires.

La falta de requerimientos de infraestructura para su utilización permiten, a muy bajo costo, la identificación de puntos que se presenten más susceptibles a la contaminación e inferir el grado de la misma. De esta forma se constituyen en una herramienta, aun en ausencia de dispositivos sofisticados como una red de monitoreo, para la toma de decisiones en planeamiento urbano; en la elaboración de medidas de gestión, como diseño y manejo del tránsito; evaluación de requerimientos de áreas verdes; planes de emergencia en escapes de gases peligrosos; códigos de edificación; localización de instalaciones industriales u otras actividades. A su vez, permitirían optimizar la cantidad y la ubicación de estaciones de muestreo, o sea, el diseño de una red de monitoreo de la calidad del aire para la ciudad.

Bibliografía

- Banco Mundial, 1992. Informe sobre el desarrollo mundial 1992. Desarrollo y Medio Ambiente. Washington, D.C., Estados Unidos de Norteamérica.
- Dabberdt W.F. and W.G. Hoydysh. 1991. Street Canyon Dispersion: sensitivity to block shape and Entrainment. *Atmospheric Environment* 25A: 1143 – 1153.
- De Paul F.T. and C.M. Sheih. 1985. A tracer study of dispersion in an Urban Street Canyon. *Atmospheric Environment* 19: 555 - 559.
- Fernández Prini R, E San Román, P F Armendia, G Gordillo, M Negri y H Bogo. 1997. Medición de contaminantes atmosféricos en la Ciudad de Buenos Aires. Foro permanente de transporte. - Apuntes, serie transporte Nro.3 Centro para la gestión urbana.
- Glasius M, M F Carlsen, T.S. Hansen and C. Lohse. 1999. Measurements of nitrogen dioxide on Funen using diffusion tubes. *Atmospheric Environment* 33: 1177-1185.
- Heal M R, M A O'Donoghue and J N Cape. 1999. Overestimation of urban nitrogen dioxide by passive diffusion tubes: a comparative exposure and model study. *Atmospheric Environment* 33: 513-524.
- Lanzani G. and M. Tamponi. 1995. A microscale lagrangian particle model for the dispersion of primary pollutants in a street canyon. Sensitivity analysis and first validation trials. *Atmospheric Environment* 29: 3465 - 3475.
- Le Blanc F. and De Sloover L. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epithetic lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.* 48: 1485-1496
- Moore C. 1974. A modification of the "Index of atmospheric purity". Method for substrate differences. *Lichenologist* 6: 156-157
- Nimis P. L.. 1990. Air quality indicators and indices. The use of plants as bioindicators for monitoring air pollution. Department of biology, Universidad of Trieste.
- Nimis, P. L. Lazzarin, G. Gasparo D. 1991. Lichens as bioindicators of air pollution by SO₂ in the - - Veneto region (NE Italy). *Studia Geobotánica* 11:3-76
- Nylander W. 1866. Les lichens du jardin du luxemburg. *Bull. Soc. Bot. France* 13: 364-372
- OMS, 1988. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Generalidades y toxicología. Tomo I. Ctro Panam. de Ecología Humana y Salud. OPS. Bs. As.
- Pérez de la Torre O. H. 1982. Influencia de la contaminación atmosférica sobre los líquenes. Actas del V congreso internacional del aire puro Tomo II: 790-805
- Siegel S y N J Castellan 1995 Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. 4ta.Edición Trillas S.A. 437 pp.
- Theinhardt N I. 1999. Los líquenes de la ciudad de Buenos Aires y su relación con la contaminación atmosférica y otros factores ambientales. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad CAECE, Bs.As. Argentina, 115 pp.
- Zellner M L. 1995. Identificación de áreas de riesgo de contaminación atmosférica en la Ciudad de Buenos Aires. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad CAECE, Bs.As. Argentina, v + 91 pp.
- Zellner M L, A F Capurro y S S Jankilevich. 1996. Identificación de áreas de riesgo de contaminación atmosférica en la Ciudad de Buenos Aires. Documento de trabajo. Serie Programa de Investigación y Desarrollo Ambiental Nro.10 Universidad de Belgrano. Buenos Aires. 38 pp.

