



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**PERFILES QUÍMICOS**  
**Y**  
**PATRONES ESPACIALES**  
**DEL POLVO DE LA CALLE**  
**COLECTADO EN LA MEGACIUDAD DE**  
**BUENOS AIRES**

Ing. Fabián Guillermo Fujiwara

DIRECTOR: Darío Gómez.

CO- DIRECTORA: Ana Faggi

## **RESUMEN**

Se realizó un estudio para investigar el contenido de 15 elementos en polvo de las calles de la megaciudad de Buenos Aires. Las muestras fueron colectadas en 67 sitios que cubren un área de ~99 km<sup>2</sup>, que representa ~49% de la superficie total de la ciudad. Las muestras se tamizaron en cuatro fracciones (A < 37 µm, 37 < B < 50 µm, 50 < C < 75 µm y 75 < D < 100 µm). Para detectar los componentes principales (minerales, silicato, compuestos de Ca) se empleó la difracción de rayos X (DRX). El análisis de ~800 partículas individuales por microscopía electrónica de barrido y energía dispersiva de rayos X (SEM EDX) permitió distinguir tres tipos principales: (i) origen mineral, (ii) productos de combustión esféricos, y (iii) otros tipos de morfología diversa, incluyendo formas cuasi-cúbicas, cuasi esféricas y material biogénico. Se cuantificó el contenido de 15 elementos (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Sn y Zn) por espectrometría de emisión óptica con fuente de plasma (ICP OES). Los elementos geológicos exhibieron las concentraciones más altas (mg g<sup>-1</sup>), Fe (10–55) > Ca (2–52) > Al (1–48) >> S (0,3–8) > Mg (0,4–7). Los valores medios de las concentraciones de los elementos antropogénicos (µg g<sup>-1</sup>) oscilaron entre 2,1 (Cd) y 908 (Zn). El análisis de los datos se concentró en las fracciones de menor tamaño, para las cuales se determinaron más de 3.000 valores de concentración. Para ello se utilizaron varias técnicas de estadística multivariada, incluyendo análisis de correlación, de agrupamientos y de componentes principales. La variabilidad espacial se evaluó mediante el coeficiente de divergencia y el coeficiente de variación. Sobre la base de estos análisis de datos, fueron identificadas cinco fuentes principales que contribuyen a la acumulación de polvo en las calles de Buenos Aires: (i) geológico, (ii) polvo de frenos, (iii) desgaste de neumáticos + escape de los vehículos, (iv) abrasión de componentes metálicos de los vehículos (excluidos los frenos) + gases de escape, (v) construcción/demolición. Los aportes estimados de estas fuentes se encontraron en el orden: construcción/demolición (27%) ~ desgaste mecánico de componentes metálicos + emisiones de escape (27%) > geológico (19%) > desgaste de neumáticos + emisiones de escape (15%) > polvo de frenos (12%). Una serie de elementos fueron identificados como marcadores químicos adecuados de algunas de las fuentes, (i) Al, Mg (geológico), (ii) Cd, Mo, Sb (polvo de frenos), (iii) Pb, Fe, Mn, Sn (desgaste mecánico de componentes metálicos + escape; (iv) Ca, S (construcción/demolición). Se encontró que la distribución espacial de los perfiles químicos en los 67 sitios era relativamente sesgada hacia la homogeneidad, aunque existieron indicios de que al menos una cuarta parte de los sitios totales mostraron concentraciones significativamente diferentes. Por último, se propusieron tres perfiles químicos diferenciados por distintos niveles de elementos geológicos y antropogénicos para caracterizar el polvo de las calles de Buenos Aires.

*Palabras clave: contaminación atmosférica, partículas depositadas, metales y metaloides, fuentes de material particulado.*

## INDICE

OBJETIVO	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1: Introducción general	7
1.1. Atmósfera: caracterización y composición	7
1.1.1. Contaminación atmosférica en la troposfera	8
1.2. Características generales de las partículas atmosféricas	9
1.3. Polvo de las calles	10
1.4. Fuentes de las partículas que componen el polvo de las calles	12
1.4.1. Deterioro del pavimento	12
1.4.2. Desgaste de los vehículos	14
1.4.3. Materiales de construcción o productos de demolición	20
1.5. Estudios previos	21
Referencias	24
CAPÍTULO 2: Muestreo, tratamientos y análisis	31
2.1. Marco general del muestreo	31
2.2. Muestreo	31
2.3. Tratamiento y fraccionamiento de las muestras	34
2.4. Instrumentos y reactivos	34
2.5. Análisis físico y químico	36
2.5.1. Morfología	36
2.5.2. Componentes mayoritarios	36
2.5.3. Metales y metaloides	36
2.5.4. Verificación del sesgo del procedimiento	37
2.6. Análisis de los datos	37
Referencias	40
CAPÍTULO 3: Perfil físico, químico y espacial del polvo de la calle en la ciudad de Buenos Aires	41
3.1. Introducción	41
3.2. Características generales de las cuatro fracciones	41
3.3. Perfil multielemental de las fracciones A y B	45
3.3.1. Verificación del sesgo del procedimiento	45

3.3.2.	Composición multielemental del polvo de la calle: panorama general	46
3.4.	Atribución de los orígenes del polvo de las calles de Buenos Aires	52
3.4.1.	Análisis de correlaciones y de agrupamientos ( <i>clusters</i> )	53
3.4.2.	Perfil químico medido versus perfiles químicos de otras fuentes de partículas depositadas en el ámbito urbano	56
3.4.3.	Análisis por componentes principales	65
3.5.	Variabilidad espacial	72
3.5.1.	Coefficientes de divergencia entre sitios.	72
3.5.2.	Análisis de agrupamiento ( <i>clusters</i> ) entre sitios.	79
3.6.	Perfil de las concentraciones de polvo de la calle de la ciudad de Buenos Aires	82
3.7.	Fracciones gruesas (C y D)	85
	Referencias	88
CAPÍTULO 4: Estudios comparativos		89
4.1.	Cortezas de árbol	89
4.1.1.	Colección de muestras de cortezas de árboles	89
4.1.2.	Preparación y tratamiento de las muestras de cortezas	90
4.1.3.	Determinaciones analíticas	90
4.1.4.	Perfiles de concentración en las cortezas y en el polvo de la calle	90
4.1.5.	Análisis de agrupamientos ( <i>clusters</i> )	91
4.1.6.	Relación entre los perfiles químicos del polvo de las calles, las cortezas de los árboles y el PM <sub>10</sub> de Buenos Aires	93
4.2.	Otros perfiles químicos de polvo de la calle	96
4.3.	Comparación con otras ciudades	97
	Referencias	102
CAPÍTULO 5: Conclusiones		106
ANEXO I. Distribución espacial en las fracciones A y B de las concentraciones de los 15 elementos analizados		112
ANEXO II. Publicaciones realizadas durante el desarrollo del trabajo de tesis		128