



# Frecuencia de diferentes tamaños de material particulado en hojas de *Morus alba* en el arbolado urbano de Mendoza (Argentina)

*Frequency of different sizes of particulate material in leaves of Morus alba in the urban forest of Mendoza (Argentina)*

GABRIELA MORENO<sup>1</sup>, EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO<sup>1</sup>,  
ANDREA DUPLANCIC<sup>1</sup> Y JORGE ALCALÁ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geobotánica y Fitogeografía, IADIZA (CONICET)  
<gmoreno@mendoza-conicet.gob.ar>

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí,  
San Luis, México

## RESUMEN

Las plantas mejoran la calidad del aire al adsorber el material particulado (MP). Se evaluó la frecuencia del material particulado depositado en hojas de *M. alba* considerando la ubicación (microcentro, periurbano y suburbano) y época del año (primavera, verano y otoño) en la ciudad de Mendoza (Argentina). Se empleó el método gravimétrico para obtener el material sedimentado y, por lectura en microscopio óptico, la frecuencia de los tamaños: 2-5  $\mu\text{m}$ , 6-10  $\mu\text{m}$ , 11-18  $\mu\text{m}$  y  $\geq 19 \mu\text{m}$ . En general dominan las partículas finas, con mayores frecuencias en el microcentro asociado a la mayor actividad vehicular. Las gruesas se depositan cerca de la fuente de emisión y se incrementan en el suburbano, asociadas a partículas de suelo. *Morus alba* resultó un adecuado bioindicador de contaminación en el ámbito urbano.

## ABSTRACT

*Plants improve the air quality by adsorbing particulate matter (PM) on leaf surfaces. In this study the particulate material deposited on M. alba leaves was evaluated considering location (urban, suburban and periurban) and period of the year (summer, spring, autumn) in the Mendoza city. Gravimetric method was used to obtain particulate material and by optic microscope lecture the frequency of sizes: 2-5  $\mu\text{m}$ , 6-10  $\mu\text{m}$ , 11-18  $\mu\text{m}$  and  $\geq 19 \mu\text{m}$ . In general, fine particles prevail with greater frequencies in downtown Mendoza associated to a greater vehicular activity. Coarse particles sediment near the emission point increasing toward the suburbs, and are related to soil particles. Morus alba resulted an adequate bioindicator of pollution in the urban environment.*

---

**Palabras clave:** material particulado (MP), frecuencia, tamaño, bosque urbano

---

---

**Key words:** particulate material (PM), frequency, size, urban forest

---

## INTRODUCCIÓN

El material particulado es un contaminante común del aire en el ambiente urbano; está constituido por una mezcla de sustancias líquidas y sólidas de origen orgánico e inorgánico. Según el diámetro aerodinámico se definen como gruesas,  $\geq 10 \mu\text{m}$ , finas,  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  y ultrafinas,  $\leq 0.1 \mu\text{m}$  (Gao et al., 2015). Se acepta que partículas  $\leq 10 \mu\text{m}$  representan contaminantes antropogénicos, mientras que el origen de las partículas  $\geq 10 \mu\text{m}$  es principalmente natural (Maraziotis et al., 2008).

Además del impacto sobre la salud, las partículas finas son también responsables de la reducción de la visibilidad en las áreas con una alta contaminación del aire debido a la absorción de la luz (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000). Las partículas finas pueden permanecer largo tiempo en la atmósfera y eventualmente depositarse, mientras que las partículas de mayor tamaño se depositan más cerca de la fuente de emisión. El tamaño permite conocer su capacidad de transporte (dispersión) (Campos et al., 2007; Martínez Carretero & Moreno, 2008). Las partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  están asociadas a efectos sobre la salud humana pues ingresan por la nariz penetrando en los alveolos pulmonares, donde cualquier metal presente, tal como hierro o cobre, puede liberar radicales libres en el líquido pulmonar y causar inflamación (Monn Ch. et al., 1995; Dockery et al., 1992, 1993; Pope et al., 2002; Birmili & Hoffmann, 2006).

La vegetación, especialmente en áreas urbanas, actúa limpiando la atmósfera por absorción de gases y retención de material particulado principalmente a través del follaje (McDonald et al., 2007; Cavanagh et al., 2007; Escobedo

& Nowak, 2009). Las plantas en general evidencian diferentes grados de tolerancia ante la presencia de contaminantes, las más sensibles son consideradas como bioindicadoras (Nowak & Daniel, 2008). Dzierzanowski et al. (2011) y Zhou (2008), evaluaron la efectividad de acumulación de partículas en suspensión por las hojas de algunos árboles y recomendaron especies adecuadas para la forestación urbana. Los árboles pueden capturar cantidades significativas de partículas de la atmósfera mejorando la calidad del aire local (Beckett et al., 2000). De esta manera, la plantación de árboles y arbustos como filtros de aire es una alternativa para mejorar la calidad del aire (Popek et al., 2012; Liu et al., 2015).

En este trabajo se evaluó la variación del particulado sólido sedimentado según el tamaño en diferentes sitios urbanos de la ciudad de Mendoza, utilizando hojas de *Morus alba* como bioindicador.

## MATERIAL Y MÉTODO

El área metropolitana de Mendoza ( $32^{\circ} 50' 11.7''$  S -  $68^{\circ} 45' 22.5''$  W /  $32^{\circ} 59' 52.7''$  S -  $68^{\circ} 52' 19.2''$  W) presenta clima árido con una precipitación anual de 234,7 mm y temperatura media anual de  $16,8^{\circ}\text{C}$  para el período 1983-2014 (Programa Regional de Meteorología 2016). La dirección predominante del viento es sur, sur-este. La temperatura máxima y mínima diaria varía entre  $43^{\circ}\text{C}$  y  $-9^{\circ}\text{C}$  en verano e invierno respectivamente (Norte, 2000).

Se muestrearon al azar 30 árboles: 10 en el microcentro, 10 en áreas suburbanas y 10 en áreas periurbanas. Se colectaron 100 hojas por árbol y por muestreo, resultando en total 9000 hojas analizadas. Se colocaron en bolsas de papel y en

laboratorio se lavaron con agua destilada aditivada y se filtraron con papel de filtro Grado1. De cada filtro se obtuvieron dos muestras para su lectura en microscopio óptico OLYMPUS BX-51 con aumento 40X, con reglilla micrométrica de 1 mm de longitud. Se leyeron tres campos por muestra. Para el conteo las partículas se agruparon por rango según: 2-5  $\mu\text{m}$ , 6-10  $\mu\text{m}$ , 11-18  $\mu\text{m}$  y  $\geq 19 \mu\text{m}$ . Se tuvo en cuenta la época del año (primavera, verano, otoño) y el gradiente de urbanización (urbano, suburbano y periurbano).

Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA y test de Tukey para comparación de medias a un nivel de probabilidad menor al 0,05, con el programa STATISTICA 9. Para cumplir con el precepto de normalidad y homogeneidad de los datos, los mismos fueron transformados mediante la función logaritmo natural.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencia de partículas de 2 a 5  $\mu\text{m}$  resultaron estadísticamente diferentes entre las distintas épocas del año y ubicaciones. En otoño y primavera, microcentro, suburbano y periurbano no mostraron diferencias estadísticas; mientras que en verano, suburbano difirió de periurbano y microcentro, que no se diferenciaron entre ellos. Los mayores valores medios se registraron en el otoño (**Figura 1**).

En las partículas de 6 a 10  $\mu\text{m}$  se encontraron diferencias estadísticas entre épocas. Las ubicaciones (microcentro, suburbano y periurbano) no difirieron en verano y otoño; mientras que en primavera solo el suburbano se diferenció de microcentro (**Figura 2**).

Las partículas de 11 a 18  $\mu\text{m}$  se diferenciaron según época del año. En vera-

no y otoño no mostraron diferencias entre ubicaciones; mientras que primavera suburbano se diferenció de microcentro y periurbano, que no difirieron entre ellos (**Figura 3**).

Las partículas  $\geq 19 \mu\text{m}$  no resultaron estadísticamente diferentes según época del año y ubicación ( $p < 0,05$ ) (**Figura 4**).

La proporción de las partículas finas y gruesas expresados porcentualmente se muestran en la **Figura 5**.

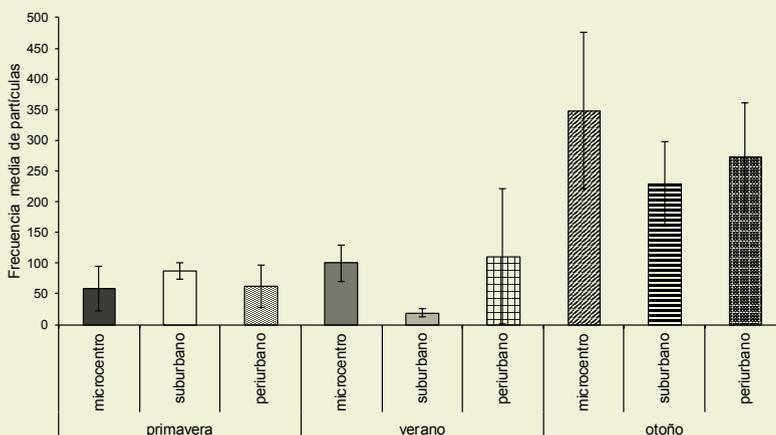
Resultados similares se encontraron en Beijing, China, donde la concentración de partículas de todos los tamaños fue menor en verano que en el resto de las estaciones, mientras que en otoño aumentó la concentración de partículas finas (Gao et al., 2015), en Taiwán es el tamaño dominante y en invierno, principalmente por la combustión de motores (Chen et al., 1999), mientras que en Grecia representan el 62% del total del particulado (Maraziotis et al., 2008).

En Mendoza las distintas frecuencias de partículas finas encontradas para los sitios de muestreo evidencian la influencia de la fuente de emisión de partículas que es el microcentro (ubicado al oeste del área estudiada, y donde se concentra el mayor tránsito vehicular), y de la dirección predominante del viento (sur) (**Figura 6**).

Respecto de las frecuencias de partículas gruesas se destaca la influencia de la fuente de emisión, atribuida principalmente a los sectores suburbanos cercanos al monte circundante, y la dirección predominante del viento (sur) (**Figura 7**).

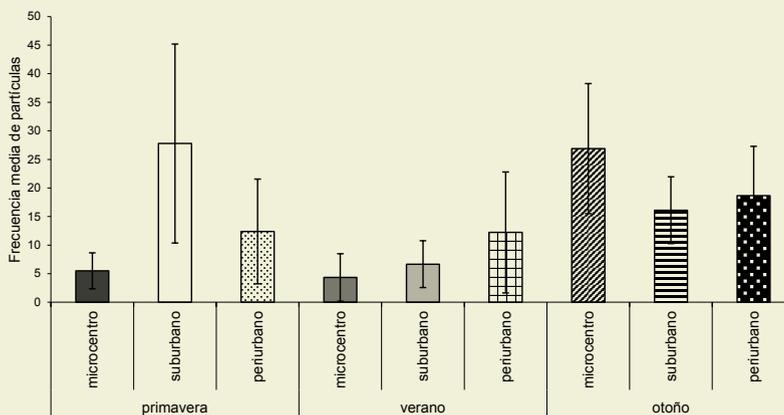
## CONCLUSIONES

La frecuencia media de los diferentes tamaños de partículas mostró variaciones entre los sitios y las épocas del año. En



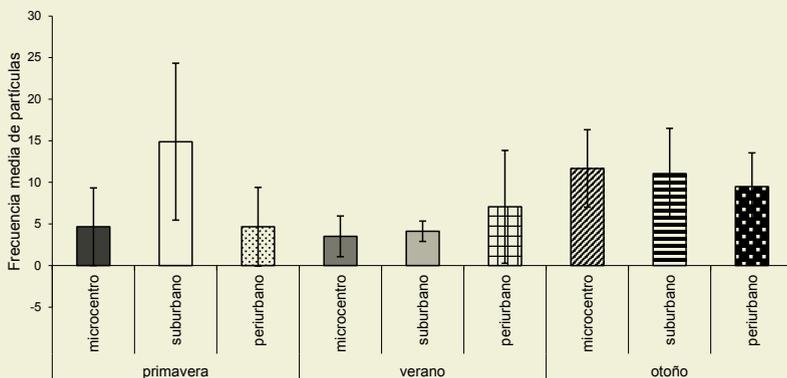
**Figura 1.** Distribución de partículas de 2 a 5  $\mu\text{m}$  según ubicación y época del año. Valor medio y desvío estándar

*Figure 1. Distribution of 2-5  $\mu\text{m}$  particulate according to location and period. Mean value and standard deviation*



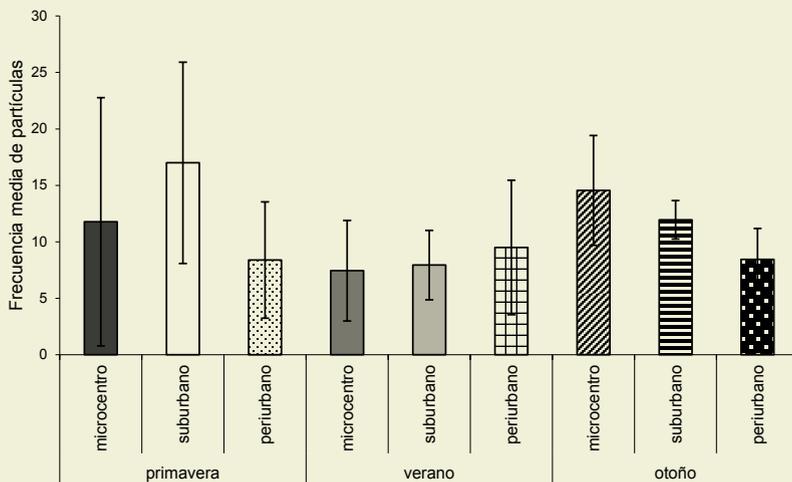
**Figura 2.** Distribución de partículas de 6 a 10  $\mu\text{m}$  según ubicación y época del año. Valor medio y desvío estándar

*Figure 2. Distribution of 6-10  $\mu\text{m}$  particulate according to location and period. Mean value and standard deviation*



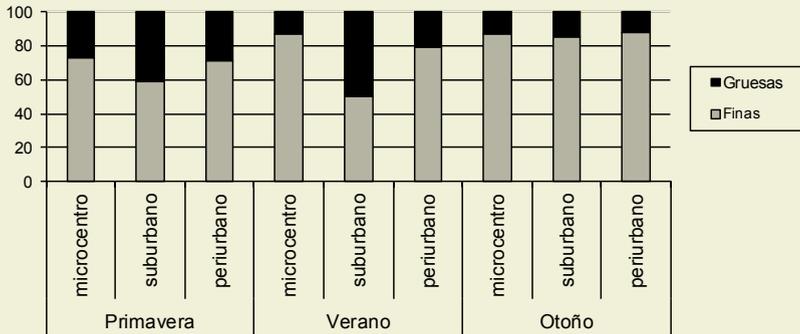
**Figura 3.** Distribución de partículas de 11 a 18 µm según ubicación y época del año. Valor medio y desvío estándar

*Figure 3. Distribution of 11-18 µm particulate according to location and period. Mean value and standard deviation*

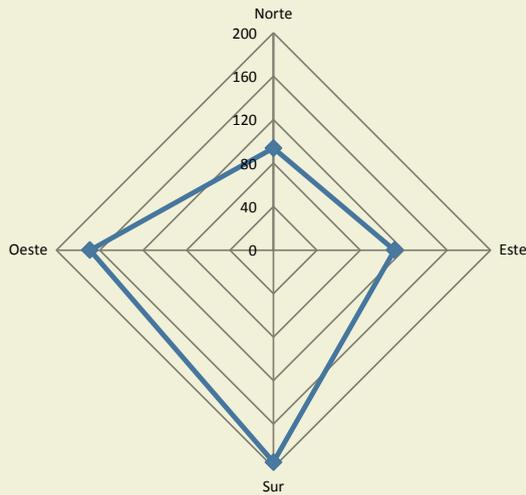


**Figura 4.** Distribución de partículas de  $\geq 19$  µm según ubicación y época del año. Valor medio y desvío estándar

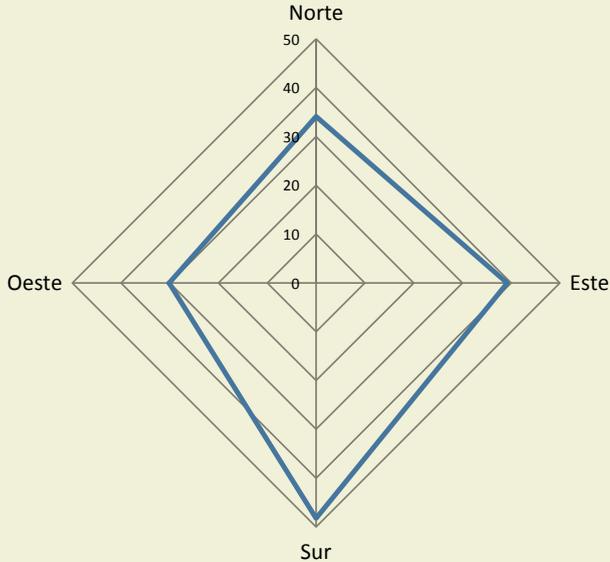
*Figure 4. Distribution of  $\geq 19$  µm particulate according to location and period. Mean value and standard deviation*



**Figura 5.** Porcentaje de partículas finas y gruesas según sitios de muestreo y época del año  
*Figure 5. Percentage of fine and coarse material particulate according to sample sites and period*



**Figura 6.** Dirección del movimiento de partículas finas considerando la frecuencia en cada sitio de muestreo  
*Figure 6. Fine particulates movement direction considering the frequency in each sample site*



**Figura 7.** Dirección del movimiento de partículas gruesas considerando la frecuencia en cada sitio de muestreo

*Figure 7. Coarse particulates movement direction considering the frequency in each sample site*

general, se observa un aumento en la frecuencia media del material particulado sedimentado hacia otoño y disminución en el verano. Esto puede deberse a las lluvias estivales que lavan gran parte del material sedimentado en las hojas.

La frecuencia de partículas más finas (2 a 5  $\mu\text{m}$ ) resultó dominante con respecto al resto, lo cual puede deberse a la importante incidencia de los vientos secos (zonda y frente frío) que transportan grandes cantidades de limo y arcillas en suspensión desde el entorno natural. En el microcentro su incremento se asocia a la mayor actividad vehicular, mientras que las partículas más gruesas fueron más frecuentes en el sitio suburbano, probablemente porque las partículas de mayor tamaño se depositan más cerca de la fuente de emisión y están asociadas a

partículas del suelo que son llevadas por el viento desde el monte circundante.

El estudio por método gravimétrico y lectura óptica del material particulado sedimentado en hojas de *M. alba* resultó adecuado para evaluar la distribución según los tamaños y el papel que cumple esta especie dentro del ecosistema urbano como bioindicador de contaminación ambiental.

## BIBLIOGRAFÍA

- BECKETT, P.K., P. FREER-SMITH & G. TAYLOR, 2000. Effective tree species for local air-quality management. *Journal of arboriculture* 26: (1)12-19.
- BIRMILI, W. & T. HOFFMANN, 2006. Particulate and dust pollution, inorganic and organic compounds. *Encyclopedia of Environmental Pollutants* Elsevier Ltd.

- CAMPOS, A., G.I. ALCARAZ, E.F. HERRE-  
RA, M. SOSA, J. JIMÉNEZ, M. DELGA-  
DO, E. RAMÍREZ & S. PUGA, 2007.  
Análisis temporal de las concentraciones,  
distribución de tamaño y morfología de  
partículas suspendidas menores a 10 mi-  
cras en la ciudad de Chihuahua, México.  
*Revista Latinoamericana de Recursos  
Naturales* 3 (1): 44-51.
- CAVANAGH, J.E., Z.R. PEYMAN & J.G.  
WILSON, 2009. Spatial attenuation of  
ambient particulate matter air pollution  
within an urbanised native forest patch.  
*Urban Forestry & Urban Greening* 8: 21.
- DOCKERY, D.W., J. SCHWARTZ & J.D.  
SPENGLER, 1992. Air pollution and  
daily mortality: association with parti-  
culates and acid aerosols. *Environmental  
Research* 59: 362-373.
- DOCKERY, D.W., C.A. POPE, X. XU, J.D.  
SPENGLER, J.H. WARE, M.E. FAY, B.G.  
FERRIS & F.E. SPIEZER, 1993. An asso-  
ciation between air pollution and morta-  
lity in six US cities. *New England Journal  
of Medicine* 329: 1753-1759.
- DZIERZANOWSKI, K., R. POPEK, H.  
GAWRONSKA, A. SABO & W.S.  
GAWRONSKI, 2011. Deposition of parti-  
culate matter of different size fractions  
on leaf surfaces and in waxes of urban  
forest species. *International Journal of  
Phytoremediation* 13: 1037.
- ESCOBEDO, F.J. & D.J. NOWAK, 2009. Spa-  
tial heterogeneity and air pollution remo-  
val by an urban forest. *Landscape Urban  
Plan.* 90: 102.
- FINLAYSON-PITTS, B.J. & J.N. PITTS,  
2000. *Chemistry of the Upper and Lower  
Atmosphere.* Academic Press.
- GAO, G., F. SUN, N. THAO, L. LUN & X. YU,  
2015. Different concentrations of TSP,  
PM10, PM2.5, and PM1 of several ur-  
ban forest types in different seasons. *Pol.  
J. Environ. Stud.* 24 (6): 2387-2395.
- LIU, X., X. YU & Z. ZHANG, 2015. PM2.5  
concentration differences between various  
forest types and its correlation with forest  
structure. *Atmosphere* 6: 1801-1815.
- MARAZIOTIS, E., L. SAROTIS, C. MARA-  
ZIOTI & P. MARAZIOTI, 2008. Statis-  
tical analysis of inhalable (pm10) and  
fine particles (pm2.5) concentrations in  
urban region of Patras, Greece. *Global  
NEST Journal* 10 (2): 123-131.
- MARTÍNEZ CARRETERO, E. & G. MORE-  
NO, 2008. Estudio de caso: Sedimenta-  
ción atmosférica seca y biomonitordeo en  
hojas de *Morus alba* L. en la ciudad de  
San Juan (Argentina). En: M. A. Castro y  
A. M. Faggi (comp.) *Bioindicadores de la  
contaminación ambiental.* 1ª ed. Dunken.  
Buenos Aires 89-110 pp.
- MCDONALD, A.G., W.J. BEALEY, D.  
FOWLER, U. DRAGOSITS, U. SKIBA,  
R.I. SMITH, R.G. DONOVAN, H.E.  
BRETT, C.N. HEWITT & E. NEMITZ,  
2007. Quantifying the effect of urban tree  
planting on concentrations and deposi-  
tions of PM10 in two UK conurbations.  
*Atmos Environ.* 41 (38): 8455-8467.
- MONN, CH., O. BRAENDLI, G. SCHAEPP  
& CH. SCHINDLER, 1995. PM10 & TSP  
in urban, rural and alpine air in Switzer-  
land. *Atmospheric Environment* 29 (19):  
2565-2573.
- NOWAK, D.J. & E.C. DANIEL, 2008. A  
ground-based method of assessing urban  
forest structure and ecotype services. *Ar-  
boriculture & Urban Forestry* 34 (6): 347.
- POPE, C.A., R.T. BURNETT, M.J. THUN,  
E.E. CALLE, D. KREWSKI, K. ITO &  
G.D. THURTON, 2002. Lung cancer,  
cardio-pulmonary mortality and long  
term exposure to fine particulate air po-  
llution. *Journal of the American Medical  
Association* 287 (9): 1132-1141.
- ZHOU, X. & P.X. KANG, 2008. Study on  
Dust-retention Ability of Different Green  
Plants on Campus. *Journal of Anhui  
Agricultural Sciences* 36 (24): 10431, [In  
Chinese].

Recibido: 09/2016  
Aceptado: 12/2016