

***Morus alba* L., Bioindicador de Contaminación por Sólidos en Suspensión a lo largo de un Gradiente de Urbanización en la Ciudad de San Juan**

**Moreno, G.⁽¹⁾; Martínez Carretero, E.⁽¹⁾; Faggi, A.⁽²⁾;
Castro, M.⁽²⁾**

1: *Geobotánica y Fitogeografía (IADIZA), FCEFYN (UNSJ).*

2: *Museo Cs. Naturales Bernardino Rivadavia, UFLO.*

gmoreno@lab.cricyt.edu.ar; mcarrete@lab.cricyt.edu.ar

***Morus alba* L. Bioindicator of Pollution by Particulate Following an Urbanization Gradient in San Juan City**

Abstract.

In leaves of *Morus alba* was analyzed the variation in air particle deposition, during a complete vegetative cycle (spring, summer and end of autumn), in urban and suburban area of San Juan (Argentina). The study was made in San Juan sampling 40 trees randomly selected. Data obtained were statistically analyzed using the ANOVA test. The treetop mean external foliar area represents $52.1 \pm 13.4\%$ in urban and $55.2 \pm 9.2\%$ in suburban areas. No statistical differences were found in particles accumulated in internal and external sectors of the treetop. Accumulated particles by cm^2 of foliage did not differ statistically between urban and suburban area. Taking into account the forest census, the mean foliage area, and the particulate/ cm^2 , total solids deposited were 9.9 kg (spring) and 295.7 kg (fall).

Key words: Air pollution; Throughfall deposition; Particles.

Resumen

En hojas de *Morus alba* L. se evaluó la variación del contenido de sólidos en suspensión; durante un ciclo vegetativo (primavera, verano y fines de otoño), en el área urbana y suburbana de San Juan (Argentina). El estudio se realizó en San Juan muestreándose 40 árboles al azar. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA. El área foliar media externa representó el $52,1 \pm 13,4\%$ en urbano y el $55,2 \pm 9,2\%$ en suburbano. No se encontraron diferencias estadísticas en las partículas depositadas en la parte externa e interna de la copa. Las partículas depositadas por cm^2 de follaje no difieren estadísticamente entre urbano y suburbano. Teniendo en cuenta el censo forestal, el área foliar media y los sólidos/ cm^2 , se depositaron en total 9.9 kg en primavera y 295.7 kg en otoño de sólidos.

Palabras clave: Contaminación atmosférica; Sedimentación; Partículas.

Introducción

La sedimentación atmosférica seca resulta del transporte y acumulación de partículas contaminantes sobre las superficies durante los periodos sin lluvias. La cantidad de sólido depositado está en función de la cantidad y calidad del contaminante, de las condiciones atmosféricas y de la superficie receptora. La sedimentación atmosférica seca es una fuente importante de sólidos en suspensión y de elementos traza, por lo que se puede muestrear desde diferentes tipos de superficies. La velocidad y cantidad de material depositado fluctúa según el tamaño de la partícula, por variaciones espaciales (área urbana o suburbana), temporales (período cálido o frío), condiciones micrometeorológicas (velocidad local del viento, estabilidad atmosférica), etc.

La generación de contaminantes y la baja circulación del aire en el ambiente urbano favorecen la sedimentación de los sólidos en suspensión, principalmente por gravedad, en muchos casos en la misma área de emisión. El origen de la contaminación atmosférica está ligado a las fuentes de emisión, siendo las más importantes el consumo de combustibles fósiles, la producción de energía eléctrica, los procesos industriales y la quema de hojas. Según Puliafito *et al.* (1995) y Mieras y Luna (1995) en Mendoza el problema prin-

cipal de contaminación proviene de las fuentes móviles, es decir del transporte particular y público.

El follaje actúa interceptando las partículas en suspensión, en forma de sedimentación seca. Esta retención puede ser temporaria según sea el régimen de lluvias. En ambientes áridos el lavado de las partículas del follaje es ocasional, de manera que las hojas permiten un buen seguimiento de la variación de los contenidos de sólidos en suspensión a lo largo del ciclo vegetativo. Las hojas de los árboles se constituyen de esta manera en receptores adecuados para evaluar la contaminación del aire urbano. Dalmasso *et al.* (1997) analizaron en la provincia de Córdoba la contaminación por polvo atmosférico empleando la vegetación arbórea como indicadora. En Mendoza, Codina *et al.* (2002) calcularon el índice general de lectura interferométrica, como indicador de la capacidad de filtrado del particulado atmosférico por el follaje, para noventa especies ornamentales e incluyeron a *M. alba* en el grupo con índice de bajo valor.

En experiencias previas realizadas en Mendoza por Weissflog *et al.* (1994) con hojas de *Pinus sp.* determinaron en los parques San Martín (suburbano) y O'Higgins (urbano) 3,5 y 37,1 ppm de Pb; 0,5 y 1,2 ppm de Ni y 252 y 962 ppm de Fe respectivamente, entre otros elementos. Vento

(2003) determinó la biometría del árbol tipo de *M. alba* en la ciudad de San Juan, que se caracteriza por: volumen de copa 119,5 m³, altura de copa 4,6 m, diámetro menor de copa 6,7 m, diámetro mayor 7,5 m y biomasa foliar 13 kg MS/planta.

Hasta ahora son muy escasos los estudios biométricos y de biomonitorio para San Juan y gran parte del país, por lo que los datos de este trabajo resultarán de interés para avanzar en el conocimiento del ecosistema urbano y del papel del arbolado público en ambientes áridos del centro-oeste de Argentina.

El arbolado público urbano de la provincia de San Juan está compuesto principalmente por especies exóticas de hojas caducas como *Morus alba* L. (morera blanca). Las especies de hojas caducas presentan la ventaja de permitir evaluar la variación de los contenidos de sólidos en la atmósfera a partir del inicio de cada ciclo vegetativo, teniendo en cuenta que las hojas nuevas están libres de partículas por sedimentación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente entre el microcentro y las áreas suburbanas en la ciudad de San Juan, durante un ciclo vegetativo completo (período cálido y frío), la variación de los contenidos de partículas en suspensión.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La zona estudiada se localizó en el microcentro y áreas suburbanas de la ciudad de San Juan entre los 31° 31' 31" S - 68° 30' 05" O y entre los 31° 32' 49" S - 68° 30' 20" O, respectivamente.

Las especies dominantes en estos ambientes son *Morus alba* (morera), *Platanus hispanica* (plátano) y *Melia azedarach* (paraíso).

Obtención de datos biométricos

Se muestrearon al azar 40 árboles, 20 en el microcentro y 20 en áreas suburbanas; en lo posible en la parte central de cada una para disminuir el efecto de borde. Se obtuvieron 4 muestras por árbol. En cada muestra se colectaron 10 hojas a lo largo del ciclo vegetativo 2002-2003, resultando un total de 1600 hojas por muestreo.

Los muestreos fueron estacionales: inicio de primavera, en verano y a fines de otoño. Todas las muestras fueron colectadas desde los mismos ejemplares durante toda la experiencia y transportadas al laboratorio en bolsas de papel.

Determinaciones analíticas

En laboratorio las muestras se lavaron con agua destilada adiciona-

da con tensioactivo no-iónico (Tweenn 20) y se filtraron en papel de filtro libre de cenizas (Whatman 589/3) previamente tarado. Se llevaron a estufa de aire forzado a 60° C durante 48-72 h. El contenido de partículas sedimentadas se obtuvo por diferencia de peso.

El área foliar se determinó mediante scanner (Licor MI-3000). Se analizó estadísticamente la relación área foliar-sólidos sedimentados. Se comparó el área foliar externa e interna según el ciclo (primavera, verano, otoño) y ubicación (urbano y suburbano).

Obtención de la biomasa foliar total para el árbol tipo

Para obtener la biomasa foliar por árbol, en los mismos 40 árboles, se extrajeron 4 muestras de biomasa foliar siguiendo el eje considerado en el muestreo anterior. Para la extracción se utilizó una estructura metálica, rectangular, de 2500 cm² de superficie.

Relación materia seca-área foliar

Para obtener la relación biomasa foliar-área foliar se muestrearon al azar 10 árboles obteniéndose 100 hojas en el microcentro y 100 en áreas suburbanas. De cada hoja, perfectamente identificada, se obtuvo el peso seco y el área foliar. Se analizó estadísticamente la relación funcional entre la biomasa y el área foliar.

Sólidos depositados

Considerando los sólidos depositados por cm² de área foliar se determinaron las diferencias estadísticas entre época: primavera, verano y otoño, y según la ubicación: urbano y suburbano.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante ANAVA (STAT 5). En cada análisis se comprobó la homogeneidad de las varianzas para $p < 0,05$ mediante el test de Cochran, Hartley y Bartlett y se comprobó la normalidad de los datos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y de Chi cuadrado. Los datos se transformaron en aquellos casos en que no se cumplió con el precepto de normalidad y de homogeneidad de las varianzas indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Resultados

Relación biomasa foliar-área foliar

No se encontraron diferencias significativas en el área foliar y en la biomasa foliar entre urbano y suburbano. El área foliar externa media en urbano fue de 138,6 cm² y en suburbano de 148,2 cm²; el área foliar interna media en urbano fue de 126,1 cm² y en suburbano de 132,4 cm². La

ecuación de regresión que expresa la relación funcional entre biomasa foliar (gMS) y área foliar (cm²), para $r = 0,8$ y $p < 0,05$, resultó:

$$\text{Área foliar} = 58,302 + (134,54 \times \text{biomasa foliar})$$

Sólidos depositados

Los sólidos depositados por cm² de follaje, considerando primavera, verano y otoño, no resultaron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$) según la ubicación: urbano y suburbano (Cuadro 1).

En el cuadro 2 se indican los sólidos depositados según la biomasa foliar total por árbol y por período estudiado.

Los sólidos totales depositados por árbol no difieren estadísticamente entre urbano y suburbano en cada período analizado, pero si difieren entre períodos para cada área.

De acuerdo con los datos de sólidos por cm² de área foliar y considerando el censo forestal urbano de San Juan que indica la existencia de 43.000 ejemplares de *M. alba* para el

	Primavera	Verano	Otoño
Urbano	0,017 ± 0,011 a	0,084 ± 0,12 b	0,12 ± 0,095 c
Suburbano	0,022 ± 0,015 a	0,06 ± 0,058 b	0,11 ± 0,073 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 1. Sólidos depositados en el follaje (g/cm²)

	Primavera	Verano	Otoño
Urbano	0,23 ± 0,14 a	1,66 ± 2,13 b	2,75 ± 1,96 c
Suburbano	0,58 ± 1,20 a	1,45 ± 1,22 b	3,25 ± 2,15 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 2. Sólidos depositados (g.sólidos/árbol) considerando la biomasa total

área urbana y de 91.000 para la suburbana, la cantidad de sólidos depositados a lo largo del ciclo vegetativo se estima en 9,9 y 295,7 kg, para primavera y otoño, respectivamente.

Discusión y Conclusiones

En el caso de *M. alba* en la ciudad de San Juan, donde la fisonomía del árbol está determinada por las podas anuales, el área foliar por árbol se calculó a partir de la relación biomasa foliar-área foliar. Vento (2003) encontró que la altura de la copa resultó ser el mejor estimador del volumen de copa y además la relacionó con la biomasa foliar, de manera que, con las limitaciones correspondientes, a partir de la relación obtenida en este trabajo, puede ser también un estimador indirecto del área foliar. Según Vento (2003) para *M. alba* en el área urbana de San Juan la biomasa foliar externa es 23 % mayor que la interna. Teniendo en cuenta las áreas foliares determinadas para los árboles muestreados en este trabajo, el área foliar media externa de la copa representa el $52,1 \pm 13,4$ % en el urbano y el $55,2 \pm 9,2$ % en el suburbano.

Para los sólidos depositados por cm^2 de follaje no surgen diferencias estadísticas entre urbano y suburbano a lo largo del ciclo vegetativo. Sin embargo, considerando los sólidos sedimentados según la biomasa foliar total por árbol, los registros fueron mayores en el área suburbana que en la urbana (aunque no difieren estadísticamente), excepto en verano cuando es mayor en el urbano posiblemente debido al incremento de la actividad vehicular en el microcentro y por las partículas de suelo llevadas por el viento desde el monte natural.

Estacionalmente, la cantidad de sólidos depositada difiere estadísticamente entre cada período analizado, siendo mayor el registro de otoño, lo que da idea de la baja tasa de lixiviación por las escasas lluvias, además de la incidencia de los vientos zonda, comunes en esta época, que aportan gran cantidad de polvo en suspensión sobre la ciudad.

Agradecimientos

A Guido Tomellini (CONEA) por los análisis de espectrofotometría y a J. Morello (UBA) por la lectura del texto.

Literatura Citada

1. Codina, R., S. Fioretti, P. Pérez, N. Ureta, J. Llera, P. Verd, S. Carrieri & E. Manzano 2002. Captación de polvo atmosférico por especies ornamentales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 24(2):73-79.
2. Dalmaso, A., R. Candia y J., Llera 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina* 6:85-91.
3. Mieras, R. P. y S. M. Luna, 1995. Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza. En: Martínez Carretero, E. y Dalmaso, A. D. (eds), *Mendoza Ambiental*. IADIZA. Min. de Medio Amb., Urbanismo y Vivienda. 247-253 pp.
4. Puliafito, S. E., J. L., Puliafito, J. C. Behler y P. Alonso, 1995. La calidad del aire en Mendoza. En: Martínez Carretero, E. y Dalmaso, A. D. (eds). *Mendoza Ambiental*. IADIZA. Min. de Medio Amb., Urb. y Vivienda, 243-247pp.
5. Vento, B., 2003. Requerimientos nutricionales de *Morus alba* y *Platanus hispanica* en el arbolado público urbano de la ciudad de San Juan. Tesis de Licenciatura, Fac. Cs. Ex., F. y Nat., Univ. Nac. de San Juan, 43 pp.
6. Weissflog, L., E. Paladini, M. Gantuz, J. Puliafito, S. Puliafito, K.D. Wenzel & G. Schürmann, 1994. Inmission Patterns of Airborne Pollutants in Argentina and Germany. I. First results of a heavy metal biomonitoring. *Fresenius Environmental Bulletin* 3:728-733.