

ÁRBOLES: UN SERVICIO DE LIMPIEZA EN LAS CIUDADES

TREES: CLEANING SERVICE IN CITIES

Fecha de recepción: 02/10/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

RESUMEN

Los árboles constituyen un elemento viable para mitigar la contaminación ambiental en ecosistemas urbanos. Se recogieron muestras de hojas de nueve especies de árboles urbanos de Bahía Blanca (Argentina) para evaluar su capacidad de retención de material particulado sedimentable (MPS) atmosférico. Se establecieron cuatro puntos de muestreo: parque, plaza central y dos zonas residenciales. Las muestras se tomaron durante los años 2012 y 2013 en primavera, verano y otoño. La metodología para determinar el MPS en la superficie de las hojas incluyó lixiviación y gravimetría. No se hallaron diferencias entre los diferentes puntos ($p = 0,45$), pero sí entre estaciones del año ($p < 0,05$) y entre especies ($p < 0,05$). Las interacciones entre especies-punto de muestreo ($p < 0,001$) y estación-especie ($p < 0,05$) fueron significativas. Las coníferas concentraron más MPS en su follaje. *P. halepensis* tuvo la mayor acumulación de MPS por unidad de área foliar ($0,35 \text{ mg/cm}^2$) y *F. americana* la más baja ($0,07 \text{ mg/cm}^2$). En las zonas residenciales se registró deposición promedio de MPS más alta ($2,34 \text{ mg/cm}^2$) que en las zonas verdes (parque y plaza, $1,70 \text{ mg/cm}^2$). El mes de mayor deposición fue Enero ($0,40 \text{ mg/cm}^2$). Los resultados proporcionan información para identificar el potencial de diferentes especies en las estrategias de planificación forestal urbana con el objetivo de reducir la contaminación atmosférica.

Palabras clave: Arbolado urbano, contaminación atmosférica, material particulado sedimentable, fitoremediación.

SUMMARY

Trees constitute a viable element to mitigate environmental pollution in urban ecosystems. Leaf samples of nine species of urban trees of Bahía Blanca – Argentina – were collected to assess their capacity retention of atmospheric settleable particulate matter (SPM). Four sampling points were established park, central square and two residential neighborhoods. The samples were taken during the years 2012 and 2013 in spring, summer and autumn. The methodology to determine the MPS on the surface of the leaves included leaching and gravimetry. No differences between different points ($p = 0.45$) but between seasons ($p < 0.05$) and between species ($p < 0.05$). The interactions between species-points ($p < 0.001$) and seasons-species ($p < 0.05$) were significant. Conifers concentrated more MPS on its foliage. *Pinus halepensis* had the highest accumulation of MPS per unit leaf area (0.35 mg cm^{-2}) and *Fraxinus americana* the lowest (0.07 mg cm^{-2}). In the neighborhoods, foliage recorded higher average deposition MPS (2.34 mg cm^{-2}) than in green areas (park and square, 1.70 mg cm^{-2}). The month with the highest deposition was in January (0.40 mg cm^{-2}). The results provide information to identify the potential of different tree species in urban environmental planning and mitigation strategies of air pollution.

Key Words: urban trees, air pollution, settleable particulate matter, phytoremediation.

Luis Alberto Caro

Ingeniero Agrónomo,
Departamento de Agronomía,
Universidad Nacional del Sur; Av.
de los Constituyentes 800 - 8000
Bahía Blanca Argentina,
lcaro@uns.edu.ar

Ignacio Javier Fanna

Ingeniero Agrónomo,
Departamento de Agronomía,
Universidad Nacional del Sur; Av.
de los Constituyentes 800 - 8000
Bahía Blanca Argentina

Edith Cristina Pitsch

Ingeniero Forestal, Facultad de
Ciencias Forestales – Universidad
Nacional de Misiones.

Sergio Daniel Vega

Licenciado en Química, Comité
Técnico Ejecutivo – Municipalidad
de Bahía Blanca.

Marcelo Tomas Pereyra

Químico, Departamento de
Química – Universidad Nacional
del Sur.

Luis Francisco Hernández

Ingeniero Agrónomo, Comisión de
Investigaciones Científicas (CIC)
Provincia Buenos Aires.
Departamento de Agronomía,
Universidad Nacional del Sur; Av.
de los Constituyentes 800 - 8000
Bahía Blanca Argentina

INTRODUCCION

El aire en los ecosistemas urbanos se encuentra impregnado de partículas contaminantes que han sido definidas como PM10 y PM2,5, por el tamaño de partículas con un diámetro aerodinámico menor a 10 micras y 2,5 micras, respectivamente, y que son dañinas para la salud humana (DOE 1995). Un incremento en $10 \mu\text{g m}^{-3}$ de material particulado fino en el aire se ha asociado con aproximadamente de 4% a 8% más probabilidad de riesgo en afecciones cardiopulmonares y de cáncer de pulmón (POPE *et al.* 2002).

Las fuentes emisoras de estas partículas son muy variadas en la atmósfera urbana, incluyendo las de origen antropogénico (industrias) y las de forma natural (erosión eólica) (BECKETT *et al.*, 2000). Sin embargo, una de las principales fuentes en las ciudades proviene de los gases de escape de los vehículos (WATKINS, 1991).

Las bondades de los árboles para capturar partículas contaminantes y por lo tanto reducir su concentración en el aire han sido ampliamente discutidas por diversos autores (NOWAK, 1994; POWE y WILLIS, 2002; GUPTA *et al.*, 2004) El objetivo de este trabajo, por lo tanto, es examinar las diferencias en la capacidad de captación de partículas entre las especies de árboles más utilizadas en programas de plantación urbana local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

Las áreas experimentales se localizaron en dos barrios residenciales (Universitario y Pedro Pico) y en dos áreas verdes (Parque de Mayo y Plaza Rivadavia) de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina ($38^{\circ}43'03''$ S; $62^{\circ}15'55''$ O).

Las muestras de material vegetal fueron tomadas del arbolado urbano en cada una de las áreas bajo estudio. En los barrios residenciales se seleccionaron árboles de las especies: *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno americano), *Lagerstroemia indica* (L.) Pers. (crespón), *Prunus cerasifera* Ehrh. var. *atropurpurea* (ciruelo de jardín), *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (ligustro) y *Robinia pseudoacacia* L. var. *umbraculifera* (acacia bola), por ser las especies de mayor frecuencia en el arbolado de alineación en veredas.

En la plaza y el parque se escogieron árboles de las especies: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (eucalipto rostrata), *Pinus halepensis* Mill. (pino de Alepo), *Cupressus sempervirens* L. f. *sempervirens* (ciprés horizontal), *Ulmus pumila* L. (olmo de Siberia) y *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (fresno americano), por ser las especies compartidas en estos dos sitios.

Recolección de follaje

En un mismo día de los meses de noviembre (primavera), enero (verano) y marzo (otoño), fueron recogidas muestras de hojas de 5 árboles por especie y sitio, después de un período de al menos 10 días sin precipitaciones. Para latifoliadas, de cada árbol se tomaron al menos 25 hojas, maduras, completamente desarrolladas. Para las coníferas, se cosechó un peso de follaje aproximado de al menos 200 g de hojas frescas. Las hojas se recolectaron desde una altura desde el suelo de 1,30 a 3 m, y en los distintos puntos de exposición de la copa (N, E, S y O).

Análisis gravimétrico

Cada muestra de hoja se lavó mediante la inmersión en 400 ml de agua destilada, con la ayuda de un pincel para retirar el material particulado sedimentado en la superficie de las hojas.

Las soluciones de lavado se filtraron con filtros de papel Whatman número 42, utilizando una bomba de vacío. Todos los filtros se pesaron y se pre-pesaron en una sala de ambiente controlado (25°C , y humedad relativa 40 %) después de que se les permita equilibrar durante al menos 1 hora en desecador. Finalmente se calculó el peso total de la materia particulada insoluble.

El peso del material particulado sedimentable (MPS) se cuantificó por área foliar (AF), para poder realizar las comparaciones entre especies. Para el cálculo del área foliar se escanearon las muestras de hojas previamente secadas y pesadas hasta alcanzar peso constante, midiéndose posteriormente las AF usando un analizador de imágenes (ImageJ Versión 1.47a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de la Figura 1 muestran que hubo mayor retención de material particulado sedimentable (MPS) atrapado en las hojas de los árboles que crecían en los barrios, en comparación con los valores medios registrados en el parque y la plaza (Figura 1). Estos resultados se pueden atribuir a que el barrio Pedro Pico se encuentra más próximo al sector industrial de la ciudad y zona portuaria, donde en verano se registra una actividad intensa de carga y descarga de cereal. En el barrio Universitario, la toma de muestras coincidió con obras de reasfaltado de calles, dando origen a mucho polvo en suspensión en esa área de la ciudad. Esa podría ser la causa de la gran acumulación media de MPS observada sobre el follaje ($0,340 \mu\text{g cm}^{-2}$) de los árboles en el barrio Universitario (Figura 1).

Las especies coníferas (pinos y cipreses) no mostraron diferencias significativas entre ellas en la retención de MPS, en el sitio del Parque de Mayo y de la Plaza Rivadavia. Pero, sí se encontraron diferencias significativas al comparar estas especies coníferas con las especies latifoliadas muestreadas en esos dos sitios (Figura 2A). Estos resultados son coincidentes a los hallados por BECKETT *et al.* (2000, 2000a).

La presencia de resinas en las superficies de las hojas de los pinos y cipreses pudo haber contribuido a una mayor deposición de material particulado. De las latifoliadas, los eucaliptos y los olmos retuvieron mayor cantidad de MPS por unidad de AF que el fresno (Figura 2A). La cutícula cerosa del eucalipto y la rugosidad y pilosidad en las hojas del olmo, pudieron favorecer esta acumulación de partículas.

Del arbolado de alineación muestreado en los barrios residenciales, el ligustro resultó ser la especie más efectiva para la captura de MPS, que el resto de las especies (Figura 2B). El crespón fue significativamente inferior que el ligustro en la captura de particulado, pero mostró igualmente valores muy superiores a las otras especies (ciruelo de jardín, fresno americano y acacia bola) (Figura 2B).

En todos los sitios de muestreo se observó mayor deposición de partículas en el follaje de los árboles durante el mes de enero, en coincidencia con el período estival de más sequía en el ambiente y mayor probabilidad de polvo en suspensión (Figura 3).

Para testificar la presencia de micropartículas retenidas sobre las caras adaxial y abaxial de las hojas, se procedió a obtener imágenes con un microscopio electrónico de barrido. Se pudo constatar así la presencia de partículas superiores a 20 micras, como granos de polen (Figura 4 a y c), micropartículas inferiores a 10 y 2,5 micras (figura 4 b), incluso incrustaciones de material particulado en cavidades estomáticas (Figura 4 d).

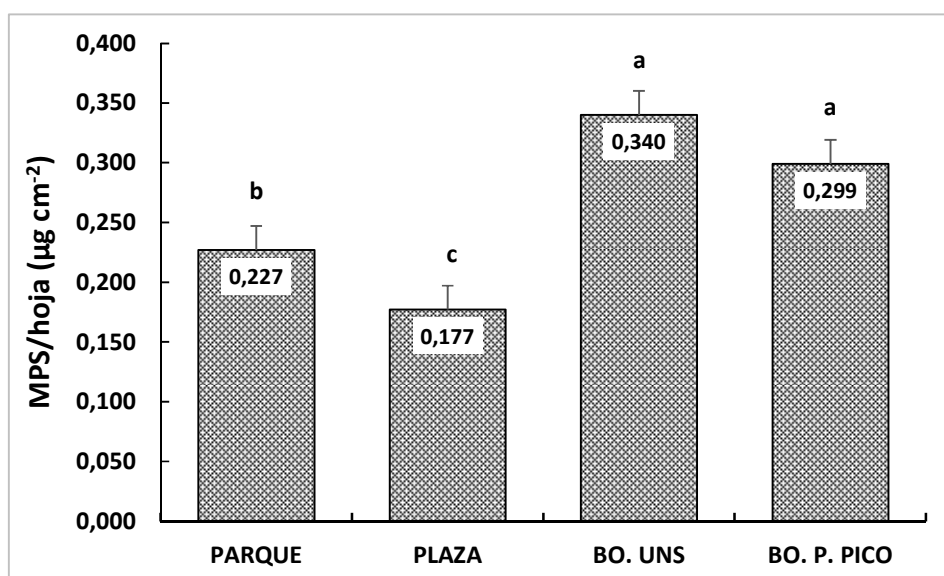


Figura 1. Valores medios de MPS (μg) observado por cm^2 de AF en las 4 áreas de muestreo: Parque; Plaza; Barrio Universitario, y Barrio Pedro Pico. Barras verticales muestran 1 EE. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$; Test de Bonferroni).

Figure 1. Mean values of MPS (μg) observed per cm^2 of AF in the 4 sampling areas: a) Park, Square, Universitario and Pedro Pico neighborhoods. Vertical bars show 1 EE. Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$, Bonferroni test).

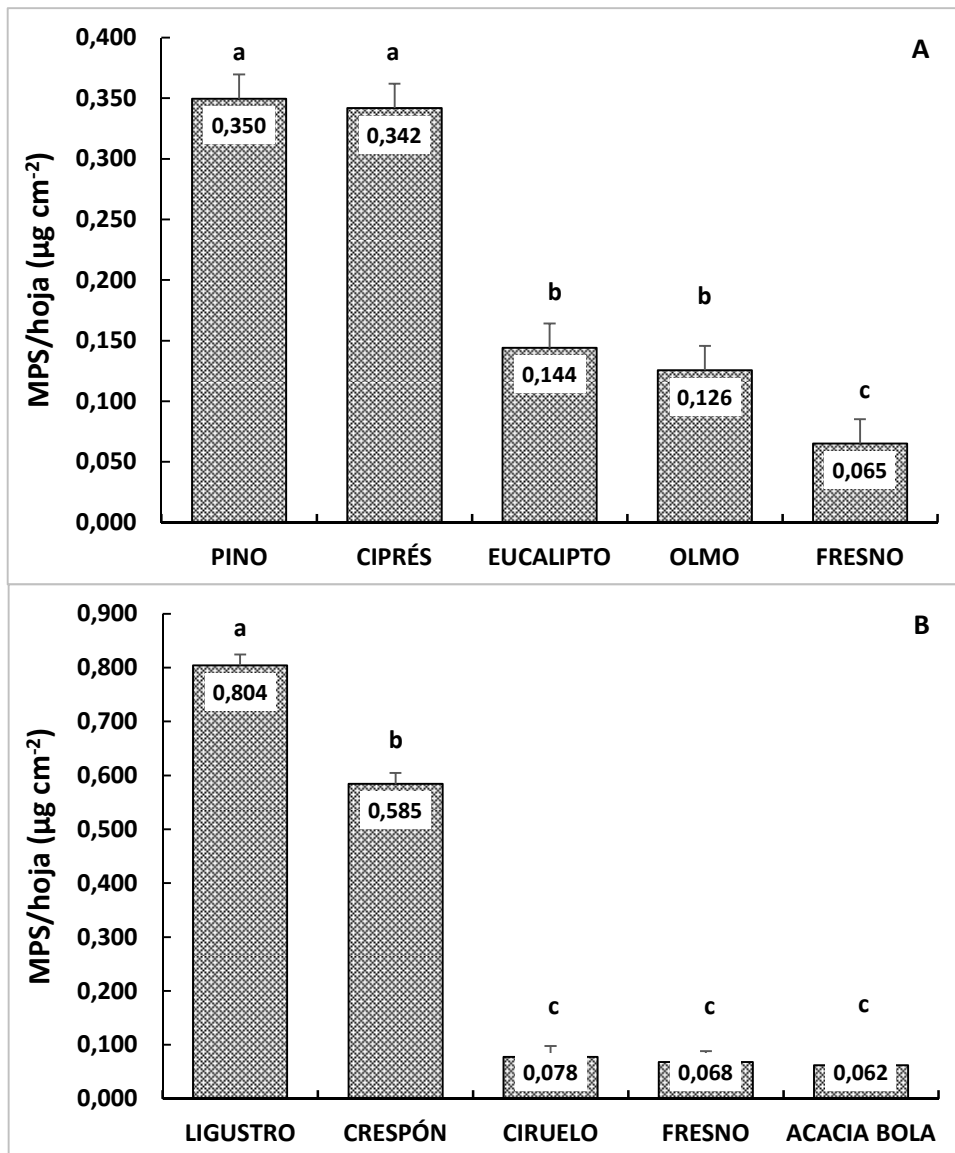


Figura 2. Valores medios de MPS (µg) observado por cm² de AF en las especies estudiadas en: A) Parque y Plaza y B) Barrios Universitario y Pedro Pico. Barras verticales muestran 1 EE. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05; Test de Bonferroni).

Figure 2. Mean values of MPS (µg) observed per cm² of AF in the species studied in: A) Park and Square and B) Universitario and Pedro Pico neighborhoods. Vertical bars show 1 EE. Different letters indicate significant differences (p < 0.05, Bonferroni test).

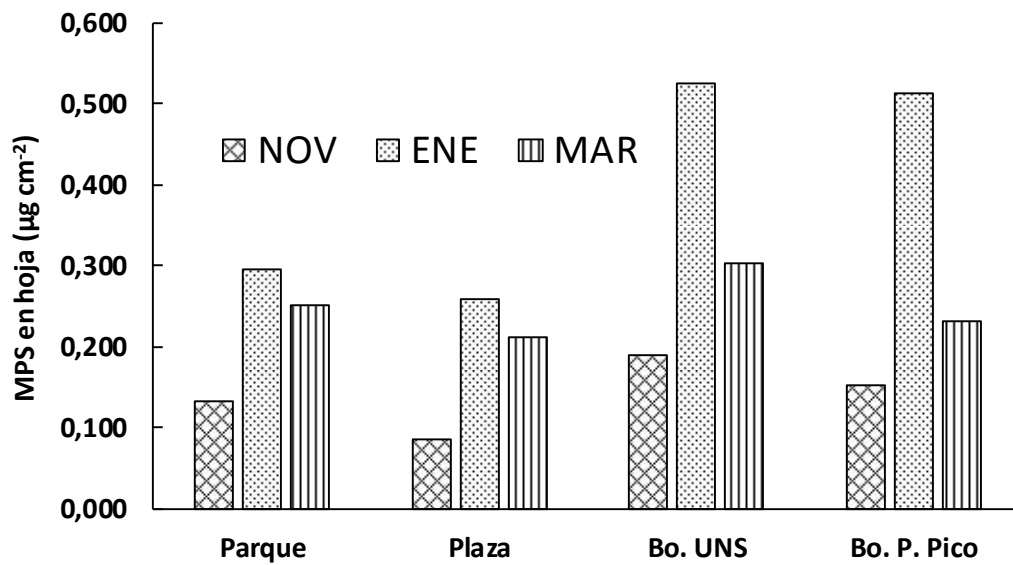


Figura 3. Valores medios de MPS (μg) observado por cm^2 de AF de todos los árboles muestra en cada área y en cada mes de muestreo.

Figure 3. Mean values of MPS (μg) observed per cm^2 of AF for all trees sample in each area and each month of sampling.

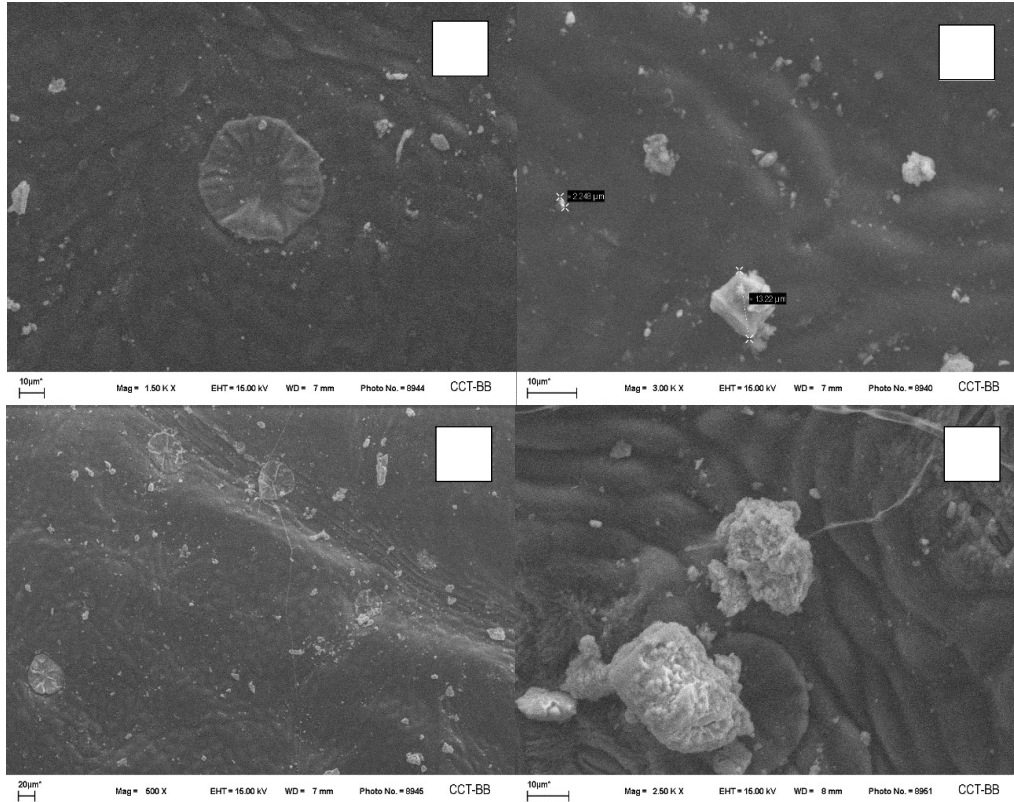


Figura 4. Imágenes obtenidas con microscopio de barrido.

Figure 4. Images obtained with a scanning electron microscope.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir que:

Los árboles pueden capturar cantidades significativas de partículas perjudiciales para la salud de la atmósfera con el potencial de mejorar la calidad del aire.

Hay marcadas diferencias en la capacidad de las especies de árboles para capturar partículas contaminantes como las coníferas, que pueden ser la mejor opción para plantaciones con el objetivo de controlar la polución atmosférica.

Entre las especies frondosas estudiadas, las que tienen superficies de hojas cerosas y/o rugosas son más eficaces en la captura de partículas.

BIBLIOGRAFÍA

BECKETT K. P., Freer-Smith P.H. y Taylor G. 2000. Effective tree species for local air-quality management. *Journal of Arboriculture* 26(1):12-19.

BECKETT K.P., Freer-Smith P.H. y Taylor G. 2000a. Particulate pollution capture by urban trees: Effect of species and windspeed. *Global Change Biol.*, 6:995-1003.

DOE (Department of the Environment). 1994. *Trees in Towns: A Survey of Trees in 66 Towns and Villages in England*. HMSO, Londres, Inglaterra. 51 pp.

GUPTA A., Kumar R., Maharaj Kumari K. y Srivastava S. S. (2004). Atmospheric dry deposition to leaf surfaces at a rural site of India. *Chemosphere*, 55, 1097-1107.

NOWAK D. J. 1994. Air pollution removal by Chicago's urban forest. En E. G. McPherson, D. J. Nowak, y R. A. Rowntree (Eds.), *Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project* (pp. 63-82). Radnor, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.

POPE C.A., Burnett R.T., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D., Ito K. y Thurston G.D. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine

particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287 (9):1132-1141.

POWE N. A. y Willis K. G. (2002). Social and environmental benefits of forestry. Phase 2: Mortality and morbidity benefits of air pollution absorption by woodland. Report to Forestry Commission.

WATKINS L.H. 1991. *State of the Art Review 1: Air Pollution from Road Vehicles*. HMSO, Londres, Inglaterra. 151 pp.