

---

## Potencial de retención de polvo atmosférico en tres especies vegetativas del ecosistema semiárido, San Luis Potosí, México

J. A. Alcalá-Jáuregui\*, Rodríguez-Ortiz, A. Hernández-Montoya y J. J. Tapia-Goné

Profesor-investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Km 14.5 Carretera San Luis-Matehuala Apartado Postal 32 C.P.78321 Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

---

*Potential retention of atmospheric dust in vegetative species of semiarid ecosystem, San Luis Potosi, Mexico.*

### Abstract

The atmospheric dust impacts of vegetative development; however, the functionality of species in its retention affects the functionality of the ecosystem. Considering dynamics of land use between the municipalities of Soledad de Graciano Sánchez and San Luis Potosí, were taken samples of leaf material of mesquite (*Prosopis leavigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) and pepper tree (*Schinus molle*) to assess their ability in atmospheric dust retention. Eighteen points were established in an ecological corridor whereas soil uses: agriculture, trade and services, residential urban and mining. The sampling took place during 2009 and 2010 (summer, fall, winter and spring). Designed for a general linear model, whereas a  $\alpha \leq 0.05$  for the possible effect of the site, species and season, as well as their possible interactions in the retention of particulate matter sediments. The effects of the species ( $p=0.000$ ) and season ( $p=0.000$ ) were significant. The species with larger retention was the huizache with an average of  $0.16 \pm 0.01$  ( $\text{g kg}^{-1}$  dry weight). Season with greater effect, turned out to be the 2010 Winter with an average of  $0.18 \pm 0.02$  ( $\text{g kg}^{-1}$  dry weight). Whereas the land use trading and services proved with the highest density of this species, their projected benefit was 807.82 g atmospheric dust retained whereas 169 individuals  $370 \text{ m}^2$  of leaf surface. The results provide information to consider as indicative of potential vegetative structures in the environmental planning and strategies for mitigation of pollution.

*Key words:* Particulate matter sediments, land use, environmental impact, air pollution.

### Resumen

El polvo atmosférico ejerce un impacto en el desarrollo vegetativo, sin embargo, la funcionalidad de las especies en su retención incide en la dinámica del ecosistema. Considerando la dinámica de usos de suelo entre los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí, fueron tomadas muestras de material foliar de mezquite (*Prosopis leavigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) y pirul (*Schinus molle*) para evaluar su capacidad en la retención de polvo atmosférico. Se establecieron 18 puntos en un corredor ecológico considerando los usos de suelo: agropecuario, comercio y servicios, residencial urbano y minero. Los muestreos se realizaron durante el 2009 y 2010 (verano, otoño, invierno y primavera). Fue diseñado un Modelo General Lineal considerando un  $\alpha \leq 0.05$  para conocer el posible efecto del sitio, especie y temporada, así como sus posibles interacciones en la retención de material particulado sedimentable. Los efectos de la especie ( $p=0.000$ ) y temporada ( $p=0.000$ ) fueron significativos. La especie con mayor capacidad de retención fue el huizache con una media de  $0.16 \pm 0.01$  ( $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco). La temporada con mayor efecto, resultó ser el invierno 2010 con una media de  $0.18 \pm 0.02$  ( $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco). Considerando que el uso de suelo de comercio y servicios resultó con la mayor densidad de esta especie, su beneficio proyectado fue 807.82 g de polvo atmosférico retenido, considerando 169 individuos de  $370 \text{ m}^2$  de superficie foliar. Los resultados aportan información para considerar el potencial indicativo de las estructuras vegetativas en la planeación ambiental y las estrategias de mitigación de la contaminación.

*Palabras clave:* material particulado sedimentable, uso de suelo, impacto ambiental, contaminación

---

\*Autor de correspondencia  
Email: jorge.alcala@uaslp.mx

atmosférica.

## Introducción

El polvo atmosférico ejerce un impacto en el desarrollo vegetativo, por lo que la capacidad de las especies en su retención, se manifiesta en la funcionalidad del ecosistema. Para Vilela (2004) las investigaciones más recientes sobre espacios verdes, han dirigido su atención hacia la relación entre el arbolado y la sostenibilidad para determinar el papel de la vegetación en la calidad ambiental. El material particulado está constituido por partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, teniendo una composición química y una tamaño que varía de 0,005 a 100  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico (Sborato et al., 2007). Para South Carolina Forestry Commission (1990) las macropartículas son atrapadas y filtradas por las hojas y ramas, las cuales son lavadas por la precipitación y escurridas al suelo. Además, las especies vegetativas captan los agentes contaminantes, absorbiéndolos a través de los poros en la superficie foliar. Estas partículas dañan el follaje, deteriorando el proceso de la fotosíntesis (Seaonez, 1971). Esto hace vulnerable a la vegetación para los insectos y enfermedades. El capital forestal se convierte en un método viable y ecológicamente eficiente para el control del polvo atmosférico, reducción de la erosión, así como en la fertilidad del suelo (Kretinin y Selyanina, 2006). El uso de árboles y arbustos, así como ramas y principalmente las hojas, contribuyen en el estudio del polvo atmosférico (Kretinin y Selyanina, 2006; Acero y Simon, 2010). En este caso, partículas de arena, polvo, cenizas volátiles, polen y humo son removidas (Granados y Mendoza, 2002). Diversos estudios se han desarrollado para este fin, considerando la capacidad indicativa que ejercen especies como *Carissa carandas* L., *Azadirachta indica* (L.), *Acacia melanoxydon*, *Hedera hélix*, *Acacia caven*, *Geoffroea decorticans*, *Prosopis nigra*, *Ulmus procera*, *Platanus occidentalis*, *Junglas nigra*, *Eucalyptus globulus*, *Tilia europea*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Melia azedarach*, *Fraxinus spp.*, *Cupressus arizonica* y *Morus spp.* (Dalmasso et al., 1997; Nowak, 2000; Zafar and Shafiq, 2001; Alcalá et al., 2008). No obstante, las características intrínsecas de la vegetación, densidad del follaje en su conjunto, rugosidad de la superficie foliar, presencia de pilosidad epidérmica, tamaño de

la hoja, así como la interacción entre la superficie foliar y el aire circundante, pueden ejercer un efecto en la capacidad de rendimiento de las especies vegetativas (Codina et al., 2002). Para Dalmasso et al., (1997) refieren que los registros de polvo sedimentable sobre la vegetación contribuyen a diagnosticar el grado de contaminación y su distribución. En el estado de San Luis Potosí, los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí, son considerados los más poblados de la entidad (INEGI, 2009). La minería tiene una gran presencia y distribución, destacando la extracción de minerales metálicos y no metálicos (Servicio Geológico Mexicano, SGM, 2008). Velázquez (2008) refiere que en la calidad del aire en esta región, inciden aspectos como: creciente industrialización, aumento del tráfico vehicular, así como a las actividades de comercio y servicio. Además, los factores climáticos y condiciones geográficas han propiciado que en algunos puntos, la suspensión de partículas en el aire oscile con un promedio anual de  $438\mu\text{g m}^{-3}$ , estando arriba de lo marcado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) de  $90\mu\text{g m}^{-3}$  y la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA-1993 que marca  $7590\mu\text{g m}^{-3}$  (Aragón-Piña et al., 2006). De acuerdo al Plan del Centro de Población Estratégico San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez (2003), se identifica la necesidad de caracterizar las áreas contaminadas para establecer estrategias de rehabilitación. Como estrategia de mitigación del impacto ambiental se considera la dotación de infraestructura verde en las zonas conurbadas y de mayor contaminación. Por consiguiente, se desarrolló un estudio para determinar la capacidad de mitigación del mezquite, huizache y pirul en la retención de polvo atmosférico derivado del impacto ambiental de diferentes usos de suelo durante cuatro estaciones del año (verano, otoño, invierno y primavera). La aportación se dirige a determinar el potencial indicativo de las estructuras vegetativas en la planeación ambiental y las estrategias de mitigación de la contaminación.

## Material y Métodos

El área de estudio se localiza en el estado de San Luis Potosí, dentro de la zona rural-urbana entre los

municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí. En el primero de los casos, se encuentra localizado en las coordenadas 22°27' de latitud norte, 100°58' latitud oeste y cuenta con una altura de 1,850 msnm. Se caracteriza por ser una zona cálida, teniendo como temperatura media templada con lluvias escasas, regularmente a mediados de mayo y finales de octubre (Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009). El segundo de estos es ubica en las coordenadas: 22°12'27" de latitud norte, 101°01'20" latitud oeste y cuenta con una altura de 1,883 msnm. Se presenta un clima seco templado y semi seco templado. Su precipitación pluvial anual promedio es de 353 milímetros, según la estación meteorológica San Luis Potosí; y de 403.7 mm según la estación El Peaje. Los meses más secos se presentan en febrero y marzo. La temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el periodo frío de noviembre a febrero (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012). Se determinó un tramo carretero de 35.5 km en donde de acuerdo a su condición ecológica y usos de suelo, se determinaron cuatro usos de suelo dominantes: agropecuario, comercio y servicios, residencial urbana y minero (Figura 1). Considerando la presencia de las especies de mezquite (*Prosopis laevigata*) y huizache (*Acacia farnesiana*) y pirul (*Schinus molle*) fueron ubicados 18 puntos de muestreo distribuidos en este trayecto, en los cuales se tomaron de 30 a 40 g de muestra de material foliar en ramas de individuos con una altura mayor a 1.60 m. Se consideró que los árboles estuvieran ubicados en la alineación del tramo carretero, alternando su presencia en lateral izquierdo y derecho, así como su exposición a las fuentes de contaminación y corrientes de aire. Las muestras fueron tomadas en los mismos individuos por cada sitio durante las temporadas de verano y otoño de 2009, así como en invierno y primavera de 2010, correspondiendo 72 muestras de material foliar por especie durante las cuatro temporadas. En la determinación de la cantidad de MPS, se consideró el método empleado por Dalmaso *et al.* (1997) y Alcalá *et al.* (2008). Para el análisis, fue diseñado un Modelo General Lineal de Minitab fijando un  $\alpha=0.05$  probando el efecto del sitio, especie, temporada con respecto a las concentraciones de MPS. Se reportan los promedios de la concentración de MPS en  $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco. Adicionalmente, para estimar la retención total acumulada de MPS ( $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco) en cada

uno de los usos de suelo (agropecuario, comercio y servicios, residencial urbano y minero), fue estimada la cantidad de individuos presentes de estas especies y en el trayecto carretero, fijándose polígonos que oscilaron de 25 a 50 metros de ancho y largo de 6000 a 7000 metros, de los cuales se estimó la superficie. Además, se tomó material foliar encontrado en un cuadrante metálico de  $900 \text{ cm}^2$  para determinar la cantidad de biomasa, determinándose su peso seco. En este paso, fue tomado en cuenta parte de método empleado por (Moreno *et al.*, 2008). Con estos datos y con los promedios encontrados de MPS por especie, se estimó la cantidad total de retención de MPS por uso de suelo y especie, considerando un promedio de superficie foliar  $370 \text{ m}^2$  por cada individuo y por especie.

## Resultados y discusión

De las especies vegetativas evaluadas, solo se presentaron incidencias significativas de la especie ( $p=0.000$ ) y la temporada ( $p=0.000$ ). Se destaca que el uso de suelo, así como las posibles interacciones entre estos efectos no fue significativo. En la figura 2 se muestra la incidencia de la variable especie en la retención de MPS. En este caso, el huizache obtuvo la mayor capacidad de retención con  $0.16856 \pm 0.016$  ( $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco) y la menor capacidad correspondió al pirul con  $0.05793 \pm 0.017$  ( $\text{g kg}^{-1}$  de peso seco). En este efecto de la especie, fue notoria una diferencia de  $0.11$  ( $\text{g kg}^{-1}$  de pesos seco) entre el huizache y el pirul. Esta diferencia puede estar dada por la estructura del árbol y variantes específicas como el tamaño de hoja, la forma y la textura de la hoja (Beckett *et al.*, 2000). Granados y Mendoza (2002) indican que el polvo esparcido en plantaciones abiertas tiende a ser mayor y su presencia varía conforme a la distancia y origen de las partículas. Además, Codina *et al.*, (2002) indican que las características intrínsecas, densidad del follaje, rugosidad de la superficie foliar, presencia de pilosidad epidérmica, así como la interacción entre la superficie foliar y el aire circundante pueden ser considerados como factores en la capacidad de retención de las especies. El resultado observado con el huizache, en el estudio, se puede señalar que su estructura morfoanatómica y el tamaño de la hoja son factores que pueden incidir en gran medida en su función de retener las partículas que son transportadas en el entorno y se

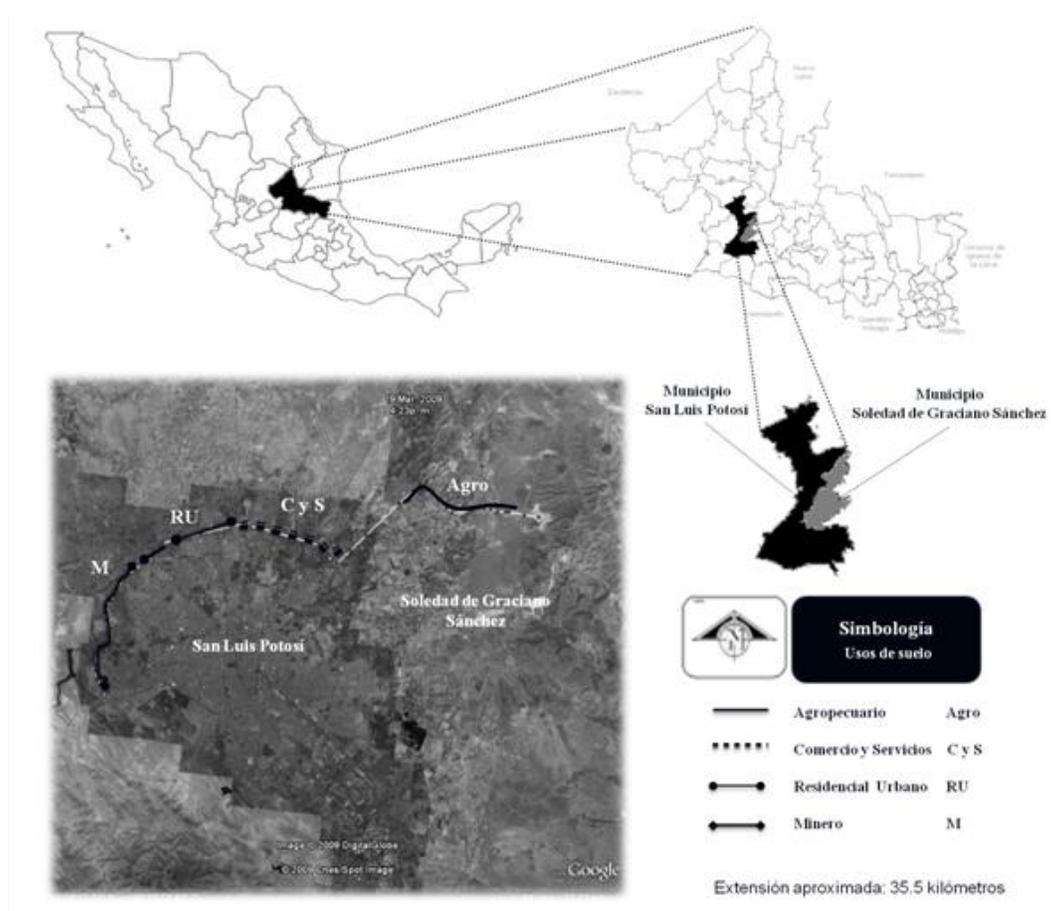


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo.

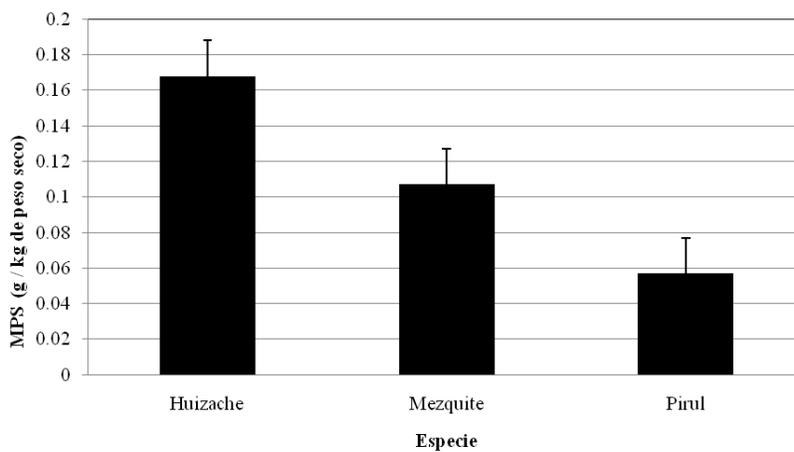


Figura 2. Concentración de material particulado sedimentable según el efecto de la especie.

adhieren con mayor facilidad. Este proceso fue observado en otras especies en estudios similares (Alcalá *et al.*, 2008). En cuanto al efecto de la temporada, en invierno 2010, se presentó la mayor cantidad de polvo retenido, siendo este de  $0.18769 \pm 0.022$  (g kg<sup>-1</sup> de pesos seco) y la menor cantidad fue en verano de 2009 con  $0.06742 \pm 0.022$  (Figura 3). Se pudo observar una diferencia de 0.12 (g kg<sup>-1</sup> de peso seco) entre invierno 2010 y verano de 2009. Este resultado puede deberse a que es una temporada seca y la disponibilidad y arrastre de material particulado es mayor. Esto tiene coincidencia, al presentarse una temperatura media templada con lluvias escasas, regularmente a mediados de mayo y finales de octubre. Asimismo, los meses más secos se presentan en febrero y marzo (Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009;

Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012). Además, la zona presenta una dinámica población en el uso de combustibles, flujo de transporte vehicular, así como de actividad económica que incide en la emisión de partículas atmosféricas. Con respecto a la estimación de la densidad arbórea y retención de MPS, conforme a los usos de suelos evaluados, se determinó que el uso de suelo agropecuario tendría la mayor densidad de huizache, mezquite y pirul. Esto al considerar que por cada 182.03 m<sup>2</sup> de superficie, puede encontrarse la presencia de algún individuo de estas especies. En cambio, el uso de suelo que presentó la menor densidad por superficie, fue la zona minera con un individuo por cada 1136.36 m<sup>2</sup> de superficie (Tabla 1). La presencia de estas especies puede estar dado a los cambios en el uso de suelo que impactan en los

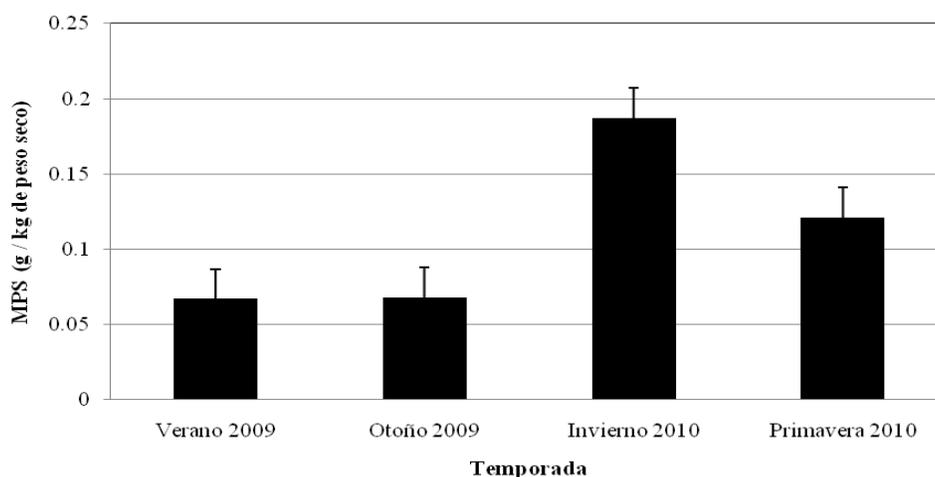


Figura 3. Concentración de material particulado sedimentable según el efecto de la temporada.

Tabla 1. Estimación de la densidad arbórea y retención de material particulado sedimentable conforme a los usos de suelo (g/kg de peso seco).

Uso de suelo	Distancia (m)	Densidad de arbolado m <sup>-2</sup>	Especies Arbóreas						Retención Total acumulada de MPS	
			Mezquite <i>Prosopis laevigata</i>		Huizache <i>Acacia farnesiana</i>		Pirul <i>Schinus molle</i>		g	g m <sup>-2</sup>
			Inds.	Retención de MPS	Inds.	Retención de MPS	Inds.	Retención de MPS		
Agropecuario	6000	1/182.03	671	3,589.85	50	239	103	194.67	4,023.52	0.027
Comercio y Servicio	6000	1/283.55	226	1,209.1	169	807.82	134	253.26	2,270.18	0.015
Residencial urbano	7000	1/511.69	128	684.8	95	454.1	119	224.91	1,363.81	0.008
Minero	6000	1/1136.36	108	577.8	65	310.7	91	171.99	1,060.49	0.003

regímenes naturales y disturbios en la distribución, composición y funcionalidad del ecosistema (ESA, 2000). Dentro de esta funcionalidad para mitigar el MPS por especie, se encontró que un árbol de huizache con una superficie foliar de  $370 \text{ m}^2$ , tendría una retención promedio de  $4.78 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de peso seco)}$ , un árbol de mezquite con esa misma dimensión, sería de  $5.35 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de peso seco)}$ . Asimismo, un árbol de pirul tendría una capacidad de  $1.89 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de peso seco)}$ . Considerando este criterio y de acuerdo al número de individuos estimado por uso de suelo, el mezquite obtuvo la mayor capacidad de retención de MPS con  $3,589.85 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de peso seco)}$ . El pirul fue la especie que presentó menor capacidad de retención, debido a su densidad, con  $171.99 \text{ (g kg}^{-1} \text{ de peso seco)}$ . El último resultado, se refiere a la acumulación total de MPS. Considerando el total de individuos de las tres especies y el uso de suelo, el uso de suelo agropecuario tendría mayor capacidad proyectada de  $4,023.50 \text{ g}$  y de acuerdo al área comprendida sería de  $0.027 \text{ g m}^{-2}$ . El uso de suelo con menor capacidad, fue el minero con  $1,060.49 \text{ g}$  y  $0.003 \text{ g m}^{-2}$  (Tabla 1). Se considera que la dinámica de emisión y movimiento de partículas, propiciada por los usos de suelo, vehículos automotores, instalaciones industriales y calles sin pavimentar pueden incidir en la deposición de partículas en las especies vegetativas (Alcalá *et al.*, 2008). Otro aspecto importante sería la cercanía a las fuentes de emisión. En el caso del sector agropecuario, una incidencia puede ser, derivada el arrastre o transporte de partículas de suelo de las zonas sin cobertura vegetal. Asimismo, las tasas de remoción de contaminantes varía de una zona a otra, pues dependen de la cantidad de contaminantes presentes en la atmósfera, número de días de presencia de hoja en los árboles, índices de área foliar, precipitaciones y otros factores meteorológicos (Vilela, 2004). Los resultados evidencian la funcionalidad de las especies vegetativas evaluadas, de acuerdo a su capacidad de retención de MPS. Esto estaría relacionado con la necesidad de mitigar en la zona centro de San Luis Potosí, una emisión promedio anual de  $438 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$  de este tipo de partículas (Aragón-Piña *et al.*, 2006). No obstante, es necesario considerar la influencia de los vientos y el clima semidesértico que favorecen la suspensión de partículas en el aire (Aragón-Piña *et al.*, 2006), ya que según Ravi *et al.*, (2010), los cambios que existen en el suelo, como es el caso del proceso de

erosión, deriva el transporte de partículas y procesos de sedimentación que puede alterar las comunidades o sistemas vegetativos. Por lo tanto, el posible efecto temporal que pueda tener el MPS en el desarrollo fisiológico de las especies y su disminución de la capacidad de mitigación, es un punto crucial para este tipo de estudios. En el caso de la aportación de la evaluación de la funcionalidad de estas tres especies, contribuye a dar respuesta a la necesidad de caracterizar las áreas contaminadas y establecer estrategias de mitigación del impacto ambiental, como es la dotación de infraestructura verde en las zonas conurbadas y de mayor contaminación (Plan del Centro de Población Estratégico San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez, 2003; Codina *et al.*, 2002).

## Conclusiones

Los resultados indican diferencias significativas entre las tres especies evaluadas y las temporadas con respecto a la retención de material particulado sedimentable. En este caso, la especie con mayor capacidad fue el huizache y la menor fue el pirul, debiéndose a las características intrínsecas de cada especie como su estructura morfoanatómica y factores antropogénicos. La temporada en la que se registró mayor cantidad de polvo atmosférico fue en invierno y en menor cantidad fue verano, considerando que la variación climática y la dinámica poblacional, pueden incidir en la emisión y arrastre de partículas las cuales son retenidas por las especies. Se identifica que el uso de suelo no fue significativo en la capacidad de retención de MPS en las especies, sin embargo, no se descarta que la dinámica de cada uno de estos sitios incida en el transporte de partículas que se depositan en las especies. Finalmente, se demuestra que la estructura vegetativa, como componente ecológico en el sistema semiárido contribuye a mitigar el impacto de la emisión de partículas atmosféricas, teniendo una capacidad tanto indicativa como mitigadora del impacto ambiental de la contaminación atmosférica.

## Agradecimientos

Al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP/103-5/09/4244).

## Bibliografía

- Acero J.A. and A. Simon. 2010. Influence of vegetation sceneries on the local air quality of the city square. CLIMAQS Whorkshop. Local Air Quality and Interactions with Vegetation. January 21-22. Anwerp, Belgium.
- Alcalá J., M. Sosa, M. Moreno, C. Quintana, A. Campos y C. Holguin. 2008. Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras de la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina* 17:17-28.
- Aragón-Piña A., A.A. Campos-Ramos, R. Leyva-Ramos, M. Hernández-Orta, N. Miranda-Ortíz y A. Luszczewski-Kudra. 2006. Influencia de emisiones industriales en el polvo atmosférico de San Luis Potosí. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 22 (1) 5-19.
- Beckett P. P.F. Smith and G. Taylor. 2000. Effective tree species for local airquality management. *Journal of Arboriculture* 26(1): January.
- Codina R.A., S.B. Fioretti, P.V. Pérez, Norberto M. Ureta, C.J. Llera, P. Verd, S.A. Carrieri y E.R. Manzano. 2002. Captación de Polvo atmosférico por especies ornamentales. *Rev. FCA UN Cuyo*. Tomo XXXIV. N° 2.
- Dalamasso A., R. Candia y J. Llera. 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina* 6:91-97.
- ESA. 2000. Ecological principles for mananging Land use. The Ecological Society of American's Committee of Land Use. April. pp 12.
- Granados D.S. y O.A. Mendoza. 2002. Los árboles y el ecosistema urbano. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. Pp. 96.
- INEGI. 2009. Anuario Estadístico de San Luis Potosí 2009. [www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav)
- Kretinin V.M. and Z.M. Selyanina. 2006. Dust retention by trees shrub leaves and its accumulation in light chestnut soil under forest schelterbelts. *Euroasian soil science* Vol. 39 No. 3 pp.334-339.
- Moreno G., Martínez C.E., Faggi, A.M. y Vento, B. 2008. Sedimentación atmosférica seca de *Morus alba* L. en la ciudad de San Juan Argentina. *Interciencia*. Nov. Vol 33 No. 11. 844-849.
- Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA-1993. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas suspendidas totales (PST). Valor Permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente como medida de protección de la salud de la población. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F.
- Nowak D.J. 2000. Tree species selection, design, and management to improve air quality. ASLA Annual Meeting Proceedings. American Society Landscape Architects. Washington D.C.
- Plan del Centro de Población Estratégico San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez. 2003. Proyecto de Actualización. H. Ayuntamiento de San Luis Potosí. Pp. 171.
- Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012. San Luis Potosí. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. 101 p.
- Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009. H. Ayuntamiento. Soledad de Graciano Sánchez. COPLADEM. 110 p.
- Ravi S., Breshears, D.D., T.E. Huxman y P. D'Odorico. 2010. Land degradation in drylands: interactions among hydrologyc-eolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology*. 116: 236-245.
- Sborato D., V.M. Sbarato y J.E. Ortega. 2007. Predicción y Evaluación de Impactos ambientales sobre la atmósfera. C.I.S.A. Centro de Investigación y Formación en Salud Ambiental. Colección Salud Ambiental. Encuentro Grupo Editor. Pp.153.
- Seanez M. 1971. Introducción a un estudio sobre la contaminación atmosférica y su relación con la vegetación. CIHEAM. Options Mediterraneennes. Oct. 57-62
- SGM. 2008. Panorama Minero de San Luis Potosí. Servicio Geológico Mexicano Secretaría de Economía. Gobierno Federal.
- South Carolina Forestry Commission. 1990. Benefits of urban trees. Forestry Report R8-FR 17 April. USDA Forest Service.
- Velázquez G. 2008. Diseño de una red de monitoreo atmosférico para la ciudad de San Luis Potosí: ubicación de nodos. Tesis de doctorado en ciencias ambientales Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. San Luis Potosí, México.
- Vilela J.L. 2004. Distribución del arbolado urbano en la ciudad de Fuenlabrada y su contribución a la calidad del aire. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, XXXVI (140):419-427.
- Zafar M.I. and M. Shafiq. 2001. Periodical Effect of Cement Dust Pollution on the Growth of Some Plant Species *Turk J Bot* 25: 19-24.