

MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL POLVO ATMOSFÉRICO A TRAVÉS DE *PROSOPIS LAEVIGATA* Y *SCHINUS MOLLE*, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

MITIGATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE ATMOSPHERIC DUST THROUGH PROSOPIS LAEVIGATA AND SCHINUS MOLLE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

JORGE ALCALÁ, JUAN C. RODRÍGUEZ, MIGUEL Á. TISCAREÑO, ALEJANDRA HERNÁNDEZ, J. JESÚS TAPIA, CATARINA LOREDO Y ELENA VILLASEÑOR

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. <jorge.alcala@uaslp.mx>

RESUMEN

En los sistemas ecológicos, la vegetación por su capacidad y potencial bioindicador constituye un elemento viable para evaluar la contaminación ambiental. Para determinar la capacidad de retención de polvo atmosférico en especies vegetativas fue desarrollado un estudio considerando las especies de mezquite (*Prosopis leavigata*) y pirul (*Schinus molle*) en los Municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí, determinando un corredor ecológico de 35,5 km, en donde converge la distribución de una zona rural y urbana. Este tramo fue dividido en cinco usos de suelo dominantes: agropecuario, residencial ru-

ral, comercio y servicios, residencial urbano y minero. Se tomaron muestras de material foliar en 30 puntos. Los muestreos fueron realizados durante 2009 y 2010 considerando las temporadas de verano, otoño, invierno y primavera. Fue diseñado un Modelo General Lineal ($\alpha \leq 0,05$) para conocer el posible efecto del sitio, especie y temporada, así como sus posibles interacciones en la retención de material particulado sedimentable (MPS). Se demostró que el sitio ($p=0,005$), temporada ($p=0,000$) y especie ($p=0,039$), así como las interacciones entre temporada-especie ($p=0,000$) y sitio-temporada-especie ($p=0,006$) fueron significativos. El sitio que explica más el efecto fue la zona de co-

mercio y servicio, con una media de $0,1196 \pm 0,016$ (g/kg de materia seca). La temporada con más efecto fue la primavera 2010 con una media de $0,138 \pm 0,014$ (g/kg de materia seca). En el caso de la especie, la que tuvo mayor efecto fue el mezquite, con una media de $0,097 \pm 0,010$ (g/kg de materia seca). Con los resultados obtenidos se identificó que la dinámica inmersa en este corredor ecológico, así como las variantes temporales y de uso de suelo, inciden en la respuesta de las especies en la retención de MPS, acertando en la capacidad bioindicativa para futuros estudios.

Palabras clave: bioindicadores, material particulado sedimentable, uso de suelo, material foliar

SUMMARY

*In ecological systems the vegetation, by means of its capacity and potential of bioindication, is a viable element to assess the environmental pollution. In order to determine the capacity of atmospheric dust retention in vegetative species, it was developed a study considering the species of mesquite (*Prosopis leavigata*) and pirul (*Schinus**

molle) in the municipalities of Soledad de Graciano Sánchez and San Luis Potosí, determining an ecological corridor of 35.5 km, where the distribution of a rural / urban area converge. This section was divided into five dominant land use: farming, rural residential, trade and services, urban residential and mining. Samples were taken from leaf material of these species in 30 points. The sampling was carried out during 2009-2010, considering summer, autumn, winter and spring seasons. A General Linear Model was designed, considering an $\alpha \leq 0.05$ for the possible effect of site, species and season, as well as their possible interactions with the retention of particulate matter sediments (PMS). It was demonstrated that the site ($p = 0.005$), season ($p = 0.000$) and species ($p = .039$), as well as the interactions between season-species ($p = 0.000$) and site-season-species ($p = 0.006$) were significant. The Site that best explains the effect was the area of trade and service, with an average of 0.1196 ± 0.016 (g/kg dry matter). The season with more effect was the 2010 spring with an average of 0.138 ± 0.014 (g/kg dry matter). In the case of the species, the one that had more

effect was the mesquite, with an average of 0.097 ± 0.010 (g/kg dry matter). With the results obtained it we identified that the immersed dynamic in this ecological corridor, as well as the seasonal and land use variants, affect the response of species in the retention of particulate matter sediments, asserting the bioindicative capacity for future studies.

Key words: bioindicators, land use, foliar matter, particulate matter sediments

INTRODUCCIÓN

En los sistemas ecológicos, la vegetación por su capacidad y potencial bioindicador constituye un elemento viable para evaluar la contaminación ambiental. The Heinz Center (2009) menciona que la contaminación atmosférica en los ecosistemas requiere de indicadores ecológicos para mejorar el conocimiento y monitoreo de sus efectos y validar las estrategias de mitigación. La quema de combustibles fósiles, tránsito vehicular, procesos industriales, dinámica de usos de suelo y agricultura, son consideradas algunas de las fuentes de contaminación que producen cambios

en el ecosistema. Otros factores que son asociados al grado de presencia de contaminantes en el ecosistema son clima (temperatura y precipitación), alteración de otros componentes del ecosistema, exposición crónica o aguda y la inherente sensibilidad del ecosistema o biota sobre los contaminantes (The Heinz Center, 2009). Acero & Simon (2010) establecen que trabajar con estructuras vegetativas con este tipo de contaminación, implica su importancia en la retención de material particulado a través de la superficie de las hojas, ramas o corteza. El material particulado se refiere a partículas sólidas o líquidas que se dispersan en el aire y están basadas en el proceso de su formación y tamaño, siendo este último un importante dato para determinar información sobre sus propiedades físico-químicas, transformación, transportación y remoción en la atmósfera (Vallius, 2005), Asimismo, este tipo de partículas puede oscilar de $0,005$ a 500μ (Smith & Kocí, 2000). La distribución de las especies, la temporalidad del follaje, tipo de hoja y resistencia de las especies a agentes contaminantes y biológicos son criterios considerados para el estudio de partículas (Anze et al., 2007). Ante esta situación, se reconoce

que la vegetación puede cambiar las condiciones de su dispersión, reducir la circulación de aire y producir un incremento en la concentración de contaminantes. Especies como *Acacia melanoxylon*, *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. han sido estudiadas en la retención de material particulado bajo diferentes condiciones (Dalmasso *et al.*, 1997; Nowak, 2000; Alcalá *et al.*, 2008). Dalmasso *et al.*, (1997) consideran que es posible que aquellas especies que por características morfoanatómicas foliares tengan la capacidad de retener escasa cantidad de polvo atmosférico y sean las más dotadas en tolerar un mayor grado de contaminación. Estos mismos autores refieren que se puede deducir el grado de contaminación y su distribución al llevar a cabo registros de polvo sedimentable sobre la vegetación, como parte de los estudios de contaminación e impacto ambiental. Para esto, un impacto significativo que tiene esta contaminación es en relación a los daños en la disminución de

la actividad vegetativa, principalmente en cuanto a la fotosíntesis y respiración (Seanez, 1971). 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). Otra de las características sobresalientes es que se encuentran en una región que contribuye a la entidad con una superficie considerable de suelo para uso agrícola y para fines pecuarios, además de presentar matorrales y áreas de pastizal, entre otros (INEGI, 2009). Una de las actividades consideradas de mayor impacto económico por la presencia y distribución en los dos municipios es la minería, destacándose la extracción de minerales metálicos y no metálicos (Servicio Geológico Mexicano SGM, 2008). Velázquez (2008) refiere particularmente sobre la problemática ambiental, resaltando que en las últimas dos décadas la calidad del aire de la ciudad de San Luis Potosí se ha visto deteriorada por las importantes emisiones a la atmósfera producidas por las actividades propias de su creciente industrialización, el aumento del tráfico vehicular, comercios y servicios, considerando la necesidad de ampliar los mecanismos para su prevención. En un diagnóstico

sobre esta situación, se reconoce que la influencia de los vientos y el clima semidesértico favorecen la suspensión de partículas en el aire (Aragón-Piña *et al.*, 2006). Bajo este contexto fue desarrollado un estudio para determinar la capacidad de mitigación del mezquite y pirul en la retención de polvo atmosférico derivado del impacto ambiental de diferentes usos de suelo durante las cuatro estaciones del año. La importancia de la información generada contribuye en la necesidad del aprovechamiento de mosaicos de paisaje derivados de la fragmentación del hábitat y dinámica de usos de suelo en el ámbito rural y urbano, que pueden ser aprovechados para evaluar el impacto ambiental en sistemas ecológicos y consolidar estudios de bioindicación.

MATERIAL Y MÉTODO

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. El primero de los casos se localiza a los 22° 27' N-100° 58' O y a 1850 m s.n.m. Se encuentra en una zona cálida, temperatura templada, con lluvias escasas regularmente a mediados de mayo y finales de

octubre (Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009). El segundo municipio se ubica a los 22° 12' 27" N-101° 01' 20" O y a 1883 m s.n.m. Posee clima seco templado y semi seco templado; en el norte es seco semi cálido, mientras que en la zona central es muy seco templado. Su precipitación media anual 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 período 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 cinco usos de suelo dominantes: agropecuario, residencial rural, comercio y servicios, residencial urbana y minero (Figura 1). Considerando la presencia de las especies de mezquite (*Prosopis laevigata*) y pirul (*Schinus molle*) se ubicaron 30 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. Además, se consideró que los árboles estuvieran ubicados en

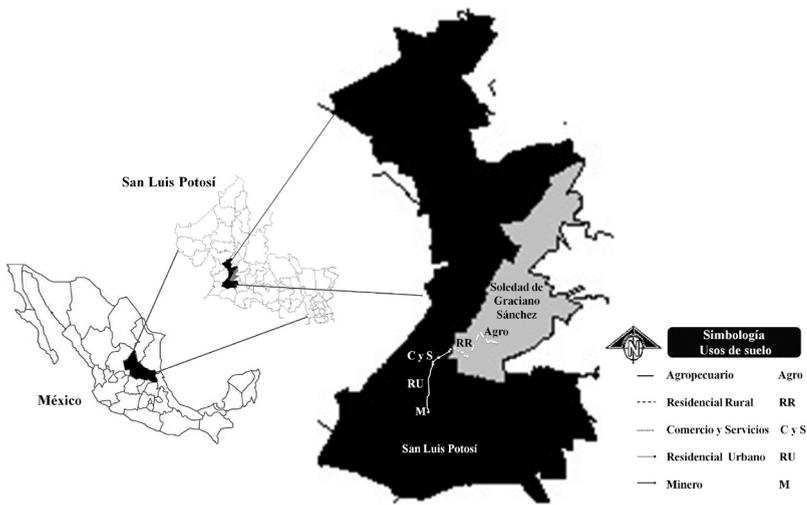


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo
 Figure 1. Sampling sites location

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 120 muestras de material foliar por especie durante las cuatro temporadas. En la determinación de la cantidad de MPS se consideró el método empleado por Dalmasso 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 y temporada con respecto a las concentraciones de MPS. Se reportan los promedios de la concentración de MPS en g/kg de materia seca. Adicionalmente, para estimar la retención total acumulada de MPS (g/kg de materia seca) en cada uno de los usos de suelo (agropecuario, residencial rural, comercio y servicios, residencial urbano y minero), fue estimada la cantidad de individuos presentes de estas especies y en el trayecto carretero, fijándose polígonos entre 25 a 50 metros de ancho y largo de 6000 a 8000 m. Además, se tomó material foliar encontrado en un

cuadrante metálico de 900 cm² para determinar la cantidad de biomasa, determinándose su peso seco. En este paso, fue tomado en cuenta parte del método empleado por Moreno *et al.* (2008). Con estos datos y con los promedios encontrados de MPS por especie y uso de suelo se estimó la cantidad total de retención de MPS por uso de suelo y especie, considerando el promedio de la superficie de la copa de cada una de las especies. En resumen se presenta la densidad de individuos por uso de suelo y la proyección de retención de MPS considerando la superficie foliar promedio determinada por cada especie.

RESULTADOS

De las especies vegetativas evaluadas, se obtuvo que el efecto del sitio ($p=0,005$), temporada ($p=0,000$) y especie ($p=0,039$), así como las interacciones entre temporada-especie ($p=0,000$) y sitio-temporada-especie ($p = 0,006$), fueron significativas por su incidencia en la presencia y retención de MPS. En la Figura 2, referente al efecto del sitio, incidió en mayor grado en la zona de comercio y servicio con una media de $0,1196 \pm 0,016$ (g/kg de materia seca), siendo además la zona del sector agropecuario con la menor retención, obtenida

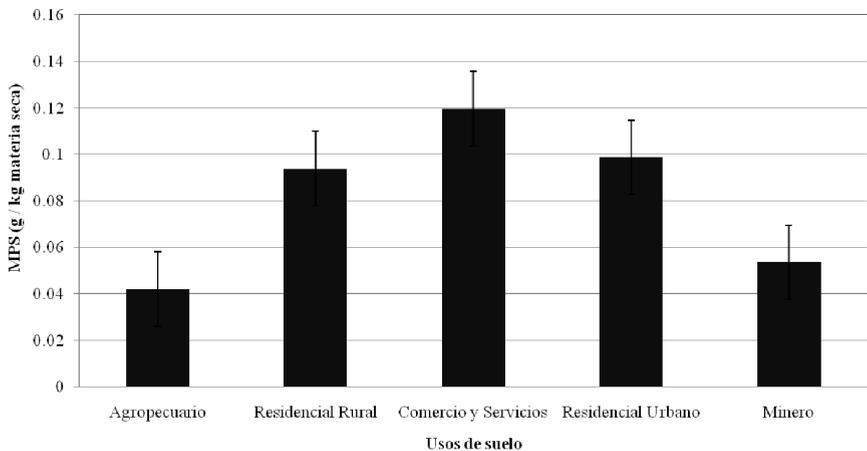


Figura 2. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto del Sitio
 Figure 2. Particulate matter sediments concentration corresponding to the Site effect

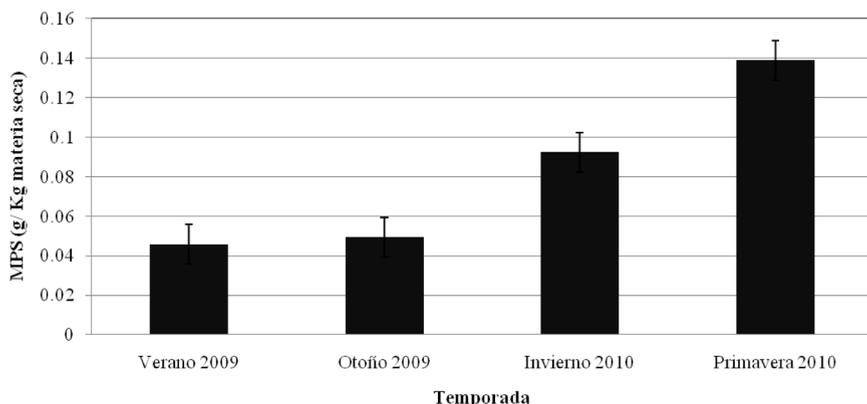


Figura 3. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto de la Temporada
 Figure 3. Particulate matter sediments concentration corresponding to the Temporality effect

niendo $0,04194 \pm 0,016$ (g/kg de materia seca). Respecto al efecto de la temporada, se encontró en primavera la mayor cantidad de MPS retenido, con un promedio de $0,1389 \pm 0,014$ (g/kg de materia seca) y en verano se presentó la de menor cantidad retenida con $0,04571 \pm 0,014$ (g/kg de materia seca) (Figura 3). En la Figura 4 se muestra que en el efecto de la especie, el mezquite obtuvo un promedio de $0,0970 \pm 0,010$ (g/kg de materia seca), considerándose mayor su capacidad de retención con respecto al pirul, el cual obtuvo $0,066 \pm 0,010$ (g/kg de materia seca). Con el efecto de la interacción entre la temporada-especie, se observó la mayor tendencia en la relación de primavera 2010-pirul, la cual obtuvo una capacidad de retención de $0,1923 \pm 0,021$ (g/

kg de materia seca) y con menor capacidad en verano 2009-Pirul con una tendencia promedio de $0,01406 \pm 0,021$ (g/kg de materia seca) (Figura 5). Asimismo, en la Figura 6, dentro de estos resultados se obtuvo un triple efecto considerando al sitio-temporada-especie, en donde, en la zona de comercio y servicio durante la temporada de primavera 2010, el pirul fue el que presentó mayor capacidad de retención con $0,4218 \pm 0,046$ g /kg de materia seca. Además, el menor resultado de esta interacción ocurrió con la misma especie dentro del uso de suelo agropecuario y en la temporada de invierno 2010 el cual fue de $0,0073 \pm 0,010$ g/kg de materia seca. Con respecto a la estimación de la densidad arbórea y retención de material particulado sedimen-

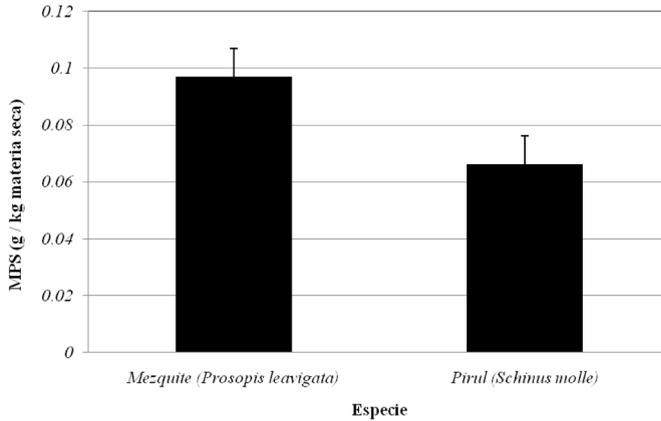


Figura 4. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto de la Especie
 Figure 4. Particulate matter sediments concentration corresponding to the Species effect

table conforme a los usos de suelos evaluados, se encontró que un árbol de pirul con una superficie foliar de 369,16 m² tendría una retención de 2,20 g/kg de materia seca, mientras que en un árbol de mezquite con esa misma dimensión sería de 4,85 g/kg de materia seca. Bajo este esquema al estimar la retención total de MPS, se determinó que el uso de suelo agro-

pecuario obtuvo la mayor densidad de mezquite y pirul, con una retención estimada de 2.625,66 g/kg de materia seca; la menor densidad de estas especies fue en la zona minera con una capacidad de retención con 586,16 g/kg de materia seca. A nivel de especie se encontró que una mayor densidad de mezquite en el uso de suelo agropecuario proporcionaría una

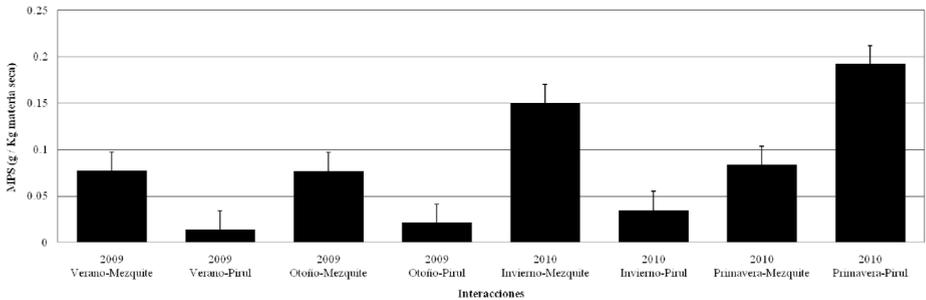


Figura 5. Concentración de material particulado sedimentable resultante de la interacción entre Temporada-Especie
 Figure 5. Particulate matter sediments concentration corresponding to the Season-Species effect

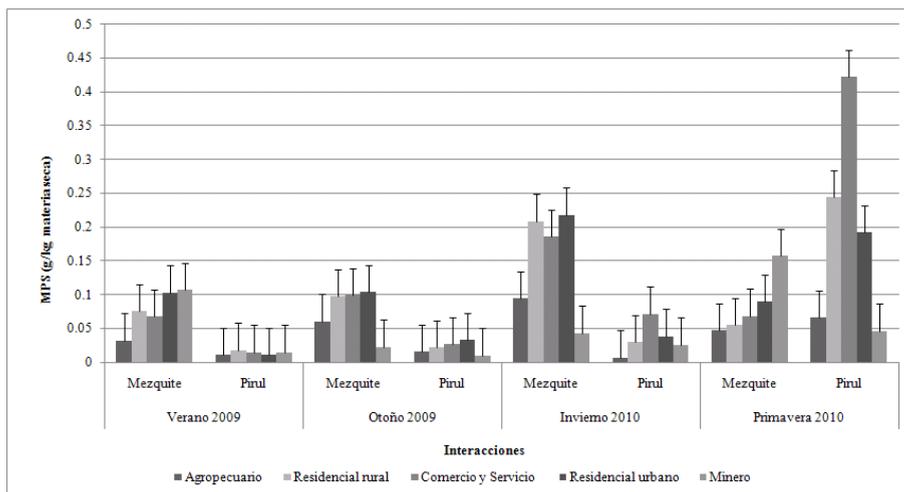


Figura 6. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto de la Especie-Temporada-Use de suelo

Figure 6. Particulate matter sediments concentration corresponding to the Species-Season-Land Use effect

capacidad de retención con 671 individuos de 2.399,29 g/kg de materia seca y la mayor densidad de árboles de pirul resulto en el uso de suelo residencial rural con 181 individuos y una capacidad de 397,79 g/kg de materia seca (Tabla 1).

DISCUSIÓN

En el caso de la retención de MPS considerando los uso de suelo, se encontró una diferencia de 0,077 (g/kg de materia seca) entre la zona de comercio y servicio y la zona del sector agropecuario. Además, entre la zona residencial rural y residencial urbana la diferencia fue de 0,004 (g/kg de materia seca). Para Anderson *et al.* (2001), el entendimiento de la

dinámica de los usos de suelo permite relacionarlos con los cambios e impactos en la calidad ambiental, así como las estrategias de mitigación (2001). Respecto al efecto de la temporada, se encontró una diferencia de 0,093 (g/kg de materia seca) entre primavera 2010 y verano 2009. Asimismo, en cuanto a la especie de mezquite fue mayor su promedio por 0,030 g/kg de materia seca con respecto al árbol de pirul. Con el efecto de la interacción entre la temporada-especie, la relación de primavera 2010-pirul fue mayor por 0,178 g/kg de materia seca de materia con respecto a la más baja que se presentó en la interacción de verano 2009-pirul.

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

Table 1 Tree density estimation and total retention of particulate matter sediments under the land uses and species (g/kg dry matter)

Uso de suelo	Distancia m	Densidad de arbolado/m ²	Especies Arbóreas				Retención Total acumulada de MPS g
			Mezquite <i>Prosopis laevigata</i>		Pirul <i>Shinus molle</i>		
			Individuos	Retención de MPS	Individuos	Retención de MPS	
Agropecuario	6000	1 / 119,80	671	2399,29	103	226,37	2625,66
Residencial rural	8000	1 / 602,40	483	1727,06	181	397,79	2124,85
Comercio y Servicio	6000	1 / 416,66	226	808,10	134	294,50	1102,6
Residencial urbano	7000	1 / 708,50	128	457,69	119	261,53	719,22
Mínimo	6000	1 / 1507,53	108	386,17	91	199,99	586,16

En el triple efecto, la diferencia en relación a la zona de comercio y servicio durante la temporada de primavera 2010, el Pirul fue 0,414 g/kg de materia seca, mayor con respecto al pirul ubicado en el uso de suelo agropecuario durante invierno 2010. Algunos de los efectos que pueden estar implícitos en estos resultados pueden ser derivados de un sistema complejo de la contaminación del aire, ya que éste cambia conforme a la estación del año, actividad industrial, los cambios en el tránsito vehicular y los vientos predominantes (Yassi *et al.*, 2002). La posición de los árboles en relación a un objeto protegido, a la clase y concentración de contaminantes, a la estructura de los árboles, condiciones meteorológicas y la topografía inciden en la capacidad de retención de las especies (Granados y Mendoza, 2002). En un caso específico sobre la problemática ambiental, se ha señalado que en las últimas dos décadas la calidad del aire de la ciudad de San Luis Potosí se ha visto deteriorada por las importantes emisiones a la atmósfera producidas por las actividades propias de su creciente industrialización, el aumento del tráfico vehicular, comercios y servicios, todos con mecanismos deficientes para la prevención de la contaminación (Velázquez,

2008). Esto puede estar incidiendo en los resultados y capacidad determinada del mezquite y pirul en la retención de polvo atmosférico debido a que se encuentran distribuidas en estos usos de suelo de alto dinamismo rural y urbano. En el caso de donde se desarrolló el estudio se considera que la influencia de los vientos y el clima semidesértico favorecen la suspensión de partículas en el aire, señalando que en sitios de carácter industrial incide la presencia de alto tránsito vehicular para explicar los elevados niveles de partículas sólidas en suspensión, con un promedio anual de $438 \mu\text{g}/\text{m}^3$, niveles que demostraron estar arriba de lo marcado por la OMS de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA-1993, que marca $7590 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Aragón-Piña *et al.*, 2006). La capacidad total estimada de las especies ubicadas en los usos de suelo definió que el sector agropecuario prevalece con la mayor densidad arbórea. Esta misma contribuye con $2039,5 \text{ g/kg}$ de materia seca más que la zona minera, que presenta la menor densidad de las especies evaluadas. Esto puede aportar que una mayor densidad vegetativa realiza una función mitigadora de mayor alcance. Un ejemplo claro se dio al estimar que un árbol de pirul con un cobertura foliar de

$369,16 \text{ m}^2$ tendría una retención de $2,20 \text{ g/kg}$ de materia seca, y un árbol de mezquite con esa misma dimensión sería de $4,85 \text{ g/kg}$. Por tal motivo, la vegetación está teniendo un efecto depurador de polvos en suspensión (Codina, *et al.*, 2002), por lo que en la planeación y administración de estos recursos ecológicos la vegetación es crucial para la sostenibilidad y calidad de vida (Kane, 2005). Esto es significativo en el cuidado de corredores ecológicos que puedan amortiguar los impactos ambientales dados en los sistemas rurales y urbanos.

CONCLUSIONES

Se demuestra que de las especies evaluadas, el mezquite tiene mayor capacidad de retención de MPS al compararse con el pirul; sin embargo, las interacciones que puede haber entre este factor y el sitio y la temporada serán posibles condicionantes en su rendimiento. En cuanto al uso de suelo que tuvo mayor incidencia en la generación de partículas y su retención fue la zona de comercio y servicios. Además, la temporada de primavera fue la que incidió en mayor grado. Bajo este esquema se identificó que las especies dan mayores resultados si se manejan como mosaicos de paisaje y trabajando como estructuras vegetativas, de-

bido a su contribución de la retención total de polvo atmosférico. Esto atiende a la importancia de estos sistemas para contribuir en la mitigación del impacto y una mayor incidencia en el uso de especies como bioindicadoras en la evaluación de impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Mejoramiento, al Profesorado (PROMEP/103-5/09/4244) y a los revisores anónimos por sus sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, J.A. & A. SIMON, 2010. Influence of vegetation scenarios on the local air quality of the city square. CLIMAQS Whorkshop, *Local Air Quality and Interactions with Vegetation*, January 21-22, Anwerp, Belgium.

ANDERSON, J.R., E.E. HARDY, J.T. ROACH & R.E. WITMER, 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. A revision of land use classification system as presented in U.S. Geological Survey Circular 671. *Geological Survey Professional Paper* 964.

ANZE, R., M. FRANKEN, M. ZABALLA, R.M. PINTO, G. CEBALLOS, M.A. CUADROS, A. CANSECO, A. DE LA ROCHA, V.H. ESTELLANO & S. DEL GRANADO, 2007. Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*. Unidad de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología, Carrera

de Biología, UMSA, La Paz, Bolivia, Junio74 pp.

- ARAGON-PIÑA, A., A.A. CAMPOS-RAMOS, R. LEYVA-RAMOS, M. HERNÁNDEZ-ORTA, N. MIRANDA-ORTÍZ & 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.
- CODINA, R.A., P.B. FIORETI, P.V. PEREZ, N.M. URETA, J. LLERA, S.A. CARRIERI, & E.R. MANZANO, 2002. Captación de Polvo Atmosférico por especies ornamentales, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 34 (2).
- DALMASSO, A., R. CANDIA & J. LLERA, 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación del polvo atmosférico. *Multequina* 6: 91-97.
- GRANADOS, S.D. & A.O. MENDOZA, 2002. *Los árboles y el ecosistema urbano*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- INEGI, 2009. Anuario Estadístico de San Luis Potosí 2009, www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/sisnav/
- KANE, B., 2005. Value, Benefits and Cost of Urban Trees. *Virginia Corporate Extension, Publication* 420-181.
- MORENO, G., E. MARTÍNEZ CARRETERO, A.M. FAGGI & B. VENTO, 2008. Sedimentación atmosférica seca de *Morus alba L.*, en la ciudad de San Juan Argentina, *Interciencia* 33 (11): 844-849.
- 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.

- NOWAK, D.J., D.E. CRANE & J.C. STEVENS, 2006. Air pollution removal by urban trees in the United States. *Urban Forestry and urban Greening* 4: 115-123.
- PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2009-2012. San Luis Potosí, H. Ayuntamiento de San Luis Potosí, 101 pp.
- PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2007-2009. San Luis Potosí, H. Ayuntamiento de Soledad de Graciano Sánchez, 110 Pp.
- SEAONEZ, 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, Secretaría de Economía, Gobierno Federal.*
- SMITH, H.W. & J.B. STASKAWLCZ, 1977. Removal of Atmospheric Particles by Leaves and Twigs of urban trees: Some preliminary observations and Assesment research Needs. *Environmental Management* 1 (4): 317-330.
- TAKANO, T., K. NAKAMURA & M. WATANABE, 2002. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: The importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology Community Health* 56: 913-918.
- THE HEINZ CENTER, 2009. Indicators of Ecological Effects of Air Quality, The H. John Heinz III Center For Science, Economics and the Environment, www.heinzcenter.org/airquality
- VALLIUS, M., 2005. *Characteristics and sources of fine particulate matter in urban air, National Public Health Institute.* Departament of Environemantal Health, Kuopio, Finland.
- VELAZQUEZ, 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.
- YASSI, A., T. KJELLSTRÖM, T. DE KOK & T.L. GUIDOTTI, 2002. *Salud Ambiental Básica.* Red de Formación Ambiental, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México.

Recibido: 11/2010
Aceptado: 07/2011