



CORTEZA DE *PROSOPIS LAEVIGATA* Y *SCHINUS MOLLE* COMO BIOINDICADOR DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN CINCO USOS DE SUELO, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

SCHINUS MOLLE AND *PROSOPIS LAEVIGATA* BARK AS INDICATOR OF ATMOSPHERIC DUST RETENTION IN FIVE LAND USES, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

JORGE ALCALÁ¹, JUAN C. RODRÍGUEZ¹, MIGUEL Á. TISCAREÑO¹,
ALEJANDRA HERNÁNDEZ¹, J. JESÚS TAPIA¹,
J. LUIS LARA Y CECILIA AVILA²

¹Facultad 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
²Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí

RESUMEN

La corteza proporciona información que puede ser indicadora del impacto generado por los cambios de uso de suelo en el ecosistema. Se evalúa la capacidad en la retención de polvo atmosférico en muestras de corteza de mezquite (*Prosopis leavigata*) y pirul (*Schinus molle*) en dos municipios (Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí), que difieren en el uso de suelo. Para esto, fueron establecidos 30 puntos en un corredor de 35,5 km, que se dividió en cinco usos de suelo: agropecuario, residencial

rural, comercio y servicios, residencial urbano y minero. Los muestreos se realizaron durante el 2009 y 2010 (verano, otoño, invierno y primavera). Siguiendo un Modelo General Lineal, se consideró un $\alpha \leq 0,05$ para evaluar el posible efecto del sitio, especie y temporada, así como sus posibles interacciones en la retención de material particulado sedimentable. Se obtuvo que los efectos del sitio ($p=0,021$), especie ($p=0,001$) y temporada ($p=0,000$) fueron significativos. En la zona residencial urbana se observó la mayor concentración con una media de

0,1902±0,01 (g/Kg de peso seco). La temporada con mayor efecto, resultó ser el invierno 2010 con una media de 0,1995±0,01 (g/Kg de peso seco). El mezquite resultó con mayor capacidad de adsorción, presentando una media de 0,1688±0,01 (g/Kg de peso seco). Esta información puede contribuir a evaluar el impacto ambiental de los agroecosistemas y tecnosistemas inmersos en estos municipios.

Palabras clave: corteza arbórea, indicadores, usos de suelo, material particulado sedimentable

Summary

*The bark provides information that can be indicating of the impact generated by the changes of land use in the ecosystem. The capacity in the atmospheric dust retention was evaluated in samples of bark of mesquite (*Prosopis leavigata*) and pepper tree (*Schinus molle*) in two municipalities (Soledad de Graciano Sanchez and San Luis Potosi), that differ in the land use. For this, 30 points in a runner of 35,5 km were established, who was divided in five land uses: farming, rural residential, trade and services, urban residential and mining. The samplings were realised during 2009 and 2010 (summer, autumn, winter and*

spring). Following a Model General Lineal, $\alpha \leq 0,05$ was considered to evaluate the possible effect of the site, species and season, as well as its possible interactions in the particulate matter sediments. It was obtained that the effects of the site ($p=0,021$), species ($p=0,001$) and season ($p=0,000$) were significant. In the urban residential zone the greater concentration with an average of 0,1902±0,01 was observed (g/Kg of dry weight). The season with greater effect, turned out to be winter 2010 with an average of 0,1995±0,01 (g/Kg of dry weight). Mesquite was with greater capacity from adsorption, presenting an average of 0,1688±0,01 (g/Kg of dry weight). This information can contribute to evaluate the environmental impact of agroecosystems and technosystems immersed in these municipalities.

Keywords: bark, land use, particulate matter sediments, indicators

INTRODUCCIÓN

La corteza de árboles proporciona información que puede ser indicadora del impacto generado por los cambios de uso de suelo en el ecosistema. Duran *et al.*, (1992) señalan que dada la complejidad de

la contaminación atmosférica, el uso de organismos como las plantas, permiten inferir sus procesos, así como efectos físicos y químicos que tienen lugar. El caso de las partículas suspendidas en la atmósfera, que incluye el polvo, material carbonoso, organismos y estructuras, deben ser estudiados, ya que impactan procesos ecológicos (González *et al.*, 1999). Estas pueden oscilar de 0,005 a cerca de 500 micrómetros (Smith & Staskawicz, 1977). Asimismo, se reconoce que la sedimentación atmosférica seca resulta del transporte y acumulación de partículas contaminantes sobre las superficies durante los períodos sin lluvias. La velocidad y cantidad de material depositado fluctúa según el tamaño de partículas, por variaciones espaciales, temporales y condiciones micrometeorológicas (Moreno *et al.*, 2008). Conocer la cantidad y calidad de contar polvo sedimentable que se acumula sobre la vegetación, permite inferir el grado de contaminación y la distribución de ésta (Dalmasso *et al.*, 1997). La corteza cumple una función importante en su retención (Spangenberg *et al.*, 2002; Acero & Simon, 2010). La corteza de *Fraxinus pennsylvanica*, *Morus alba*, *Prosopis juliflora*, *Pinus brutia*, entre otras especies, han sido objeto de estudio de la conta-

minación, principalmente atmosférica (Bu-Olayan & Thomas, 2002; Perelman *et al.*, 2006; Perelman *et al.*, 2007, Dogan *et al.*, 2007). La evaluación del impacto ambiental sobre los usos de suelo (áreas agrícolas y urbanas, zonas de comercio y servicios, áreas recreacionales, residencial, entre otros) es necesaria para los análisis de la calidad ambiental (Anderson *et al.*, 1976). No obstante, las técnicas para hacer esta evaluación son muy costosas, por lo que el uso de especies bioindicadoras es más usual, ya que éstas permiten una estimación de contaminantes en grades áreas, y por tanto, actúan como señales de alarma (Hawsworth *et al.*, 2005). En el estado de San Luis Potosí, los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí, considerados los más poblados de la entidad (INEGI, 2009), convergen actividades de carácter rural y urbano, en donde, además se comparten infraestructura y dinámica de áreas agrícolas, actividades pecuarias, minería y bancos de materiales, vialidades, tránsito vehicular, actividad industrial, expansión comercial y de servicios, área habitacional rural y urbana (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012, Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009). El Servicio Geológico Mexicano, define que

una actividad preponderante entre estos municipios es la minería, destacando la extracción de minerales metálicos y no metálicos (SGM, 2008). De acuerdo a recientes estudios, Velázquez (2008), a consecuencia del impacto de algunas de estas actividades, considera poner atención en los estudios de la calidad del aire en la ciudad de San Luis Potosí, poniendo atención a las estrategias de prevención de la contaminación. Se han encontrado elevados niveles de partículas sólidas en suspensión, con un promedio anual de $438\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zonas relacionadas a la industria y la movilidad de tránsito vehicular (Aragón-Piña *et al.*, 2006). Considerando que existe vegetación espontánea e inducida, distribuidos en zonas de bajo, mediano y alto impacto, y cuya funcionalidad ecológica y bioindicativa no ha sido evaluada, se estudió la capacidad de mitigación del mezquite y pirul en la retención de polvo atmosférico derivado de diferentes usos de suelo. Se espera que la información obtenida, permita contribuir al conocimiento del uso de la estructura vegetativa bajo un esquema de funcionalidad ecológica en los estudios de impacto ambiental de la contaminación atmosférica y el aporte de nuevas especies bioindicadoras.

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 municipio de Soledad de Graciano Sánchez, se encuentra localizado en las coordenadas $22^{\circ}27' \text{ N}$, $100^{\circ}58' \text{ W}$ y cuenta con una altura de 1.850 m. Es considerada 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). Asimismo, el municipio de San Luis Potosí, ubicado a $22^{\circ}12'27'' \text{ N}$, $101^{\circ}01'20'' \text{ W}$ y cuenta con una altura de 1.883 m, presenta desde clima seco templado, semi seco templado, seco semi cálido y muy seco templado (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012). Los meses más secos son febrero y marzo. La temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el período frío se extiende desde noviembre a febrero (Plan Municipal de Desarrollo 2009-2012). Se delimitó un tramo carretero de 35,5 km, en donde, de acuerdo a su condición ecológica y de uso rural y urbano, se clasificaron cinco usos de suelo dominantes: agropecuario, residencial rural, comercio y servicios,

residencial urbana y minero (Figura 1). Se eligieron 30 individuos de cada especie, distribuidos en este trayecto, considerando la presencia de las especies de mezquite (*Propospis laevigata*) y pirul (*Schinus molle*) y de los cuales se tomaron de 15 a 25 g de muestra de corteza. Además, se consideró que los árboles estuvieran ubicados en la alineación del tramo carretero alternando su presencia en lateral izquierdo y derecho. 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 corteza por especie. En la determinación de la cantidad del material particulado sedimentable (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 las interacciones entre los factores sitio, especie, temporada con respecto a las concentraciones de MPS. Se reportan los promedios de la concentración de MPS en g/Kg de materia seca.

RESULTADOS

De las muestras de corteza analizadas, fueron significativos el sitio

($p=0,021$), especie ($p=0,001$) y temporada ($p=0,000$) por su incidencia en la presencia y retención de MPS. La Figura 2, muestra que la especie que explica más el efecto, corresponde al mezquite (*Prosopis leavigata*), la cual obtuvo la mayor retención con una media de $0,1688\pm 0,01$ (g/KgMS), observándose además que el pirul, obtuvo la menor capacidad de retención con $0,1204\pm 0,01$ (g/Kg MS). La Figura 3, muestra que la zona residencial urbana presentó mayor retención de material particulado con una media de $0,1902\pm 0,01$ (g/Kg peso seco). Asimismo, la zona que obtuvo menor resultado, fue la zona residencial rural con $0,1187\pm 0,01$ (g/Kg PS). En el invierno 2010, se observó mayor retención con una media de $0,1995\pm 0,01$ (g/Kg MS) (Figura 4); mientras que la primavera 2010, presentó la menor retención con un promedio de $0,1068\pm 0,01$ (g/Kg MS).

DISCUSIÓN

La diferencia en la retención de material particulado entre las especies fue de $0,048$ (g/Kg MS), en donde la corteza de mezquite fue más eficiente. Esto puede indicar, que la estructura del árbol y de la copa puede ser un factor determinante, ya que la copa del pirul cubre más la exposición de la corteza

a los agentes contaminantes y puede estar evitando que el polvo se adhiera más en la corteza. Los resultados, además sugieren, que la captura de partículas puede estar dada por la micro-estructura de especies de árboles (Beckett *et al.*, 2000). Se considera que las características de rugosidad de la corteza entre las especies, puede ser otro elemento discutible en la capacidad de retención, sin embargo, pueden incidir también otros factores ambientales y antropogénicos. Asimismo, en relación al sitio hubo una diferencia de 0,071 (g/Kg PS), entre el uso de suelo residencial urbano que fue el más alto y el residencial rural que fue el más bajo. No obstante, esta diferencia entre la retención de partículas en la corteza, considerando los diferentes sitios evaluados y los contrastes entre estos, pueden estar dados por la industrialización, tráfico vehicular, actividades de comercio y servicios, minería, carreteras, entre otros que han tenido impacto en la calidad del aire y disposición de partículas en el ambiente (Bu-Olayan & Thomas, 2002; Dogan *et al.*, 2007; Perelman *et al.*, 2007; Velázquez, 2008.). Respecto a la variación temporal en la retención de polvo atmosférico, se encontró que invierno 2009 fue por 0,092 (g/Kg PS) más alto que en primavera 2010. Esto pue-

de deberse a la escasez de lluvias entre mediados de mayo y finales de octubre (Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009). A similares conclusiones llegan Perelman *et al.* (2007) quienes señalan que un régimen escaso de lluvias y bajo humedad pueden ser factores de concentración de partículas en corteza. Derivado de esta situación climática la influencia de los vientos y el clima semidesértico favorecen la suspensión de partículas en el aire. Esto se puede relacionar al encontrar $438\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio de partículas sólidas en suspensión en zonas ubicadas en la ciudad de San Luis Potosí, cantidad que rebasa lo marcado por la OMS de $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA-1993 de marca $7590\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Aragón-Piña *et al.*, 2006). En este caso, la corteza de estas especies demuestran ser un indicador pasivo que contribuye a mitigar la contaminación atmosférica (Perelman *et al.*, 2007). Sin embargo, el grado de filtración depende de la posición de los árboles en relación a un objeto protegido, a la clase y concentración de contaminantes, a la estructura de los árboles (Granados & Mendoza, 2002). Adicionalmente, factores como la estación del año, actividad industrial, los cambios en el tránsito y los vientos predominantes, entre otros

deben ser tomados en cuenta al estudiar este tipo de contaminación (Yassi *et al.*, 2002). Lo anterior, define un escenario de mayor interés, si se dimensiona la funcionalidad ecológica de la estructura vegetativa evaluada en este estudio, como es el caso del mezquite.

CONCLUSIONES

Se demuestra que la corteza de mezquite y pirul tiene valor indicador en la retención de polvo atmosférico. No obstante, se comprueba que los efectos de la especie, sitio y temporada son condicionantes para esta función de la corteza. El mezquite, la zona residencial urbana y la temporada de invierno presentaron el nivel más alto de retención. Esto indica que el manejo de las especies encontradas en este corredor tiene una gran funcionalidad bioindicativa que contribuye a poner atención en su seguimiento de estudio y contribución en el conocimiento sobre la evaluación de impacto ambiental propiciado por los cambios de uso de suelo en el ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

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

BIBLIOGRAFÍA

- ALCALÁ, J. M. SOSA, M. MORENO, C. QUINTANA, A. CAMPOS & C. HOLGUIN, 2008. Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras de la planeación urbana sustentable: Ciudad de Chihuahua, México. *Multequina* 17: 17-28.
- ARAGON-PIÑA, A., A.A. CAMPOS-RAMOS, R. LEYVA-RAMOS, M. HERNÁNDEZ-ORTA, M., 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.
- 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. Geological Survey Professional Paper 964 A revision of land use classification system as presented in U.S. *Geological Survey Circular* 671.

- BU-OLAYA, A.H. & B.V. THOMAS, 2002. Biomonitoring studies on the lead levels in mesquite (*Prosopis juliflora*) in the arid ecosystems of Kuwait. *Kuwait J. Sci. Eng.* 29(1): 65-73.
- DALMASSO, A., R. CANDIA & J. LLERA, 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación del polvo atmosférico. *Multequina* 6:91-97
- DOGAN, Y., N. DURKAN & BALSAR, S., 2007. Trace elements pollution biomonitoring using the bark of *Pinus brutia* (Turkish red pine) in Western Anatolian part of Turkey. *Trace Elementos and Electrolytes* 4 (3):146-150.
- DURAN, A.D., C.A.E. CISNEROS. & V.A. VARGAS, 1992. Evaluación briológica de los efectos de la contaminación atmosférica en la ciudad de México. *Tropical Bryology* 6:78-82.
- GONZÁLEZ, L.M.C., M.A. CERESO, M.M.C. GONZÁLEZ & C.L. SALAZAR, 1999. Comportamiento de las Partículas Suspendidas y Polén en la Atmósfera de la Región Norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Journal of the Mexican Chemical Society* 43(5):155-164.
- GRANADOS, S.D. & A.O. MENDOZA, 2002. *Los árboles y el ecosistema urbano*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- HAWSWORTH, D.L., T. ITURRIAGA & A. CRESPO, 2005. Liqueños como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología* 22:77-82.
- 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. MARTINEZ CARRETERO, A.M. FAGGI & B. VENTO, 2008. Sedimentación atmosférica seca en hojas 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.

- PERELMAN, P.E., M.A. CASTRO, L.E. NAVARRO, M. RECHI, M. ARRIAGA, S. LOPEZ, E. MARTINEZCARRETERO & A.M. FAGGI, 2006. Análisis multielemental de corteza de fresno (*Fraxinus pennsylvanica*) a lo largo de un gradiente urbano-periurbano en la metrópoli de Buenos Aires. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n.s. 8 (2):231-236.
- PERELMAN, P., E MARTINEZ-CARRETERO, G.MORENO, M.A.CASTRO, & A. FAGGI, 2007. El uso de la corteza de mora (*Morus alba*) como biomonitor para detectar contaminación en la ciudad de Mendoza. *Hologramática* 4 (7):205-214.
- PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2009-2012. San Luis Potosí. H. Ayuntamiento San Luis Potosí. 101 Pp.
- PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2007-2009. H. Ayuntamiento. Soledad de Graciano Sánchez. COPLADEM. 110 Pp.
- 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.
- SPANGENBERG, A., F. HOFMANN & M. KIRCHNER, 2002. Determining the agricultural ammonia immission using bark bio-monitoring: comparison with passive sampler measurements. *J. Environ. Monit.* 4:865-869.
- 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.
- SGM. 2008. Panorama Minero de San Luis Potosí. Secretaría de Economía. Gobierno Federal.
- 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.

Recibido: 04/2010

Aceptado: 11/2010

LISTA DE FIGURAS

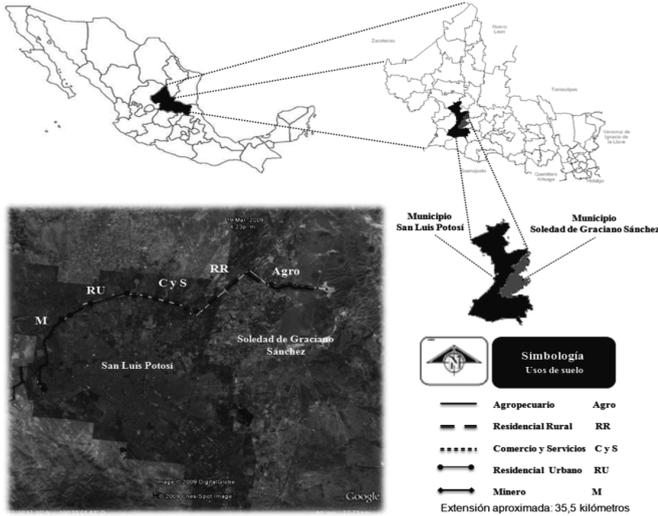


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo
 Figure 1. Sampling sites location

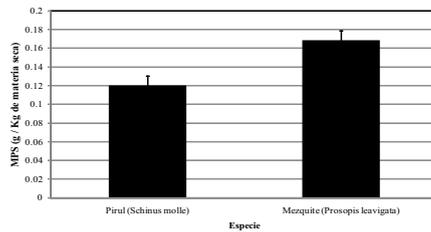


Figura 2. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto de la especie
 Figure 2. Particulate matter sediments concentration corresponding to the species effect

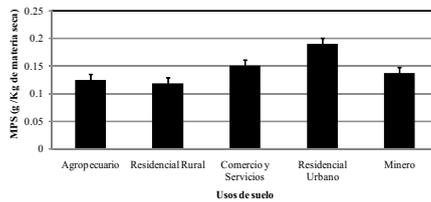


Figura 3. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto del sitio
 Figure 3. Particulate matter sediments concentration corresponding to the site effect

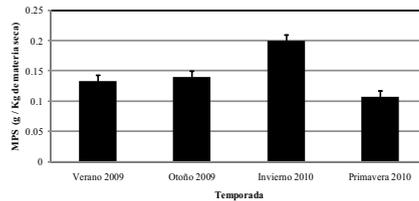


Figura 4. Concentración de material particulado sedimentable resultante del efecto de la temporada
 Figure 4. Particulate matter sediments concentration corresponding to season effect