



USO DE *LARREA CUNEIFOLIA* CAV. Y *ZUCCAGNIA PUNCTATA* CAV. EN LA EVALUACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN UNA CALERA DE LOS BERROS — SAN JUAN — ARGENTINA

*USE OF LARREA CUNEIFOLIA AND ZUCCAGNIA PUNCTATA IN
THE EVALUATION OF SEDIMENTARY PARTICULATE MATERIAL IN
A LIMESTONE OF LOS BERROS — SAN JUAN — ARGENTINA*

MARTÍN ALMIRÓN¹, A. DALMASSO¹ Y J. LLERA²

malmiron@lab.cricyt.edu.ar adalmass@lab.cricyt.edu.ar

¹Geobotánica y Fitogeografía (IADIZA)- F.C.E.F.y N., U.N.S.J.

²Facultad de Ciencias Agrarias, U.N. Cuyo. Mendoza

RESUMEN

El material particulado sedimentable (MPS) vertido por una calera fue evaluado empleando dos especies arbustivas nativas: *Larrea cuneifolia* Cav. y *Zuccagnia punctata* Cav. Las muestras se colectaron en cinco estaciones a partir de la fuente de emisión, considerando la dirección de los vientos predominantes. En cada punto de muestreo se tomaron estacionalmente muestras foliares de cada especie para determinar el MPS. Simultáneamente se colocaron cajas de Petri con vaselina cuyos MPS se consideraron como valores de referencia. A ambas

especies se le midió la altura y la superficie foliar. Las variaciones temporales en los valores de MPS registrados en las plantas se relacionaron con los registrados en las cajas de Petri. El aumento de la superficie foliar y la disminución de la altura se correlacionó significativamente con el aumento del MPS.

Palabras claves: polvo atmosférico, respuestas morfológicas, vegetación nativa

SUMMARY

The sedimentary particulate material (MPS) from a limestone was evaluated using two native

shrub species: Larrea cuneifolia Cav. and Zuccagnia punctata Cav. The samples were collected in five stations from the emission source, considering the direction of prevailing winds. At each sampling point, leaf samples of each species were seasonally taken to determine the MPS. Simultaneously, in the same stations, Petri dishes with vaseline were placed, and their MPS were considered as a benchmark. In both species the height and leaf area was measured. Temporal variations in values of MPS in the plants were related to those found in Petri dishes. The increase in leaf surface and the decrease in height of plants were correlated significantly with the increase in the MPS.

Keywords: atmospheric dust, morphological responses, native vegetation

INTRODUCCIÓN

La industria calera genera importantes emanaciones sólidas a la atmósfera. Los contaminantes más significativos en cuanto a magnitud son el dióxido de carbono, óxido de calcio, carbonato de calcio y demás residuos del uso de combustibles fósiles (gas, carbón y/o coque) para calcinar las rocas calizas.

Esta calcinación disocia el CaCO_3 en CO_2 y CaO a temperatu-

ras que oscilan entre 900 y 1400°C, dependiendo del tamaño de la piedra que ingresa al horno (National Lime Association, 2003).

Según Calvo (1996) estas emanaciones poseen elementos de granulometría inferior a los 5 micrómetros, que alcanzan grandes distancias dependiendo de los movimientos de las masas de aire. Las partículas comprendidas entre los 5 y 100 micrómetros (material particulado sedimentable -MPS-) se depositan relativamente cerca de la fuente emisora.

A partir de los trabajos de Hill (1971) numerosos autores han utilizado la vegetación en el biomonitoreo de contaminantes atmosféricos, tanto en áreas urbanas (Schrimpff, 1983; Bu-Olayan & Thomas, 2002; Codina *et al.*, 2002; Sami *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2008) como industriales (Dmuchowski & Bytnerowicz, 1995; Vardaka *et al.*, 1995; Dalmaso *et al.*, 1998; Iqbal & Shafüg, 2001; Prusty *et al.*, 2005; van Heerden *et al.*, 2007).

La cantidad de MPS retenido por la vegetación está en función de las características intrínsecas del follaje: densidad, rugosidad de la superficie foliar, pilosidad y tamaño de la hoja (Codina *et al.*, 2002). Además, la especie a utilizarse debe estar distribuida en el área de inte-

rés, estar disponible durante todo el año y ser tolerante a la polución (Chakraborty *et al.*, 2006).

En este trabajo se busca evaluar la capacidad de captación de sólidos sedimentables, respecto a captadores de referencia, por dos especies arbustivas nativas y su respuesta morfológica.

MATERIAL Y MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

Se trabajó en la localidad de Los Berros (San Juan), en el predio de la calera La Buena Esperanza, ubicada al Este de los cerros Pedernal y Del Medio (31°57'20"S

68°40'50"W) (Figura 1). La producción de cal comenzó en 1977.

La temperatura media anual es de 17,3°C; la media mínima es de 9,7°C y la media máxima es de 24,9°C. Los vientos predominantes son del cuadrante S-SE, con una frecuencia relativa de 0,52 y una velocidad promedio de 6 km./hora (INTA, Estación Media Agua, Informe interno). Según la clasificación de Köppen la zona corresponde a la clase BWwkb.

La comunidad vegetal dominante es un matorral bajo de *Larrea cuneifolia*, *Zuccagnia punctata* y *Deuterocohnia longipetala* (Dalmaso & Márquez, 2004).

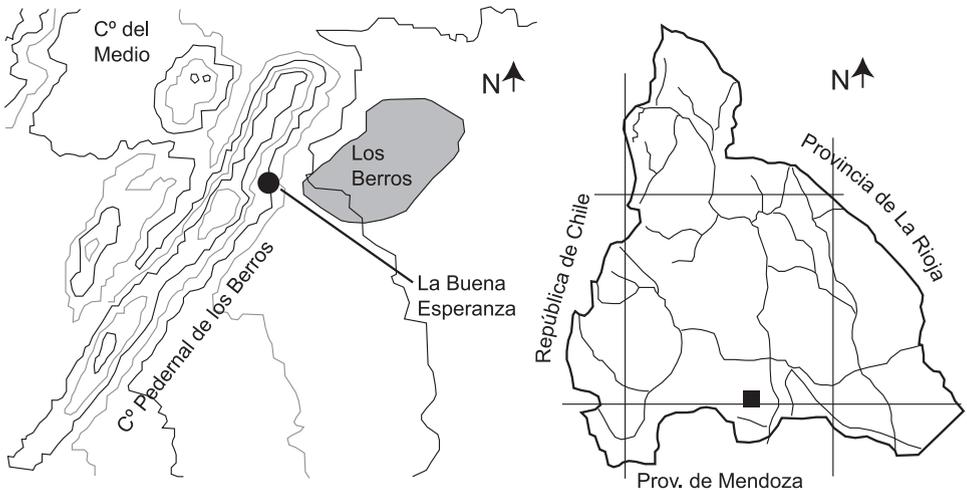


Figura 1. Área de estudio
Figure 1. Study area

DISEÑO DEL MUESTREO

Considerando el viento como el principal agente dispersor del MPS y que el transporte disminuye con la distancia, se tomaron muestras

en cinco estaciones de muestreo (E_1 - E_5) (Tabla 1), en dirección Noroeste, considerando los vientos dominantes, a partir de la fuente emisora (chimenea).

Tabla 1. Coordenadas, altura y distancia de los puntos de muestreo al foco emisor
Table 1. Coordinates, altitude and distance from sampling points from emitting focus

Estación	Coordenadas	Altura (m.)	Distancia al foco emisor (m.)
E_1	31°57'20" 68°40'50"	850	200
E_2	31°57'30" 68°40'57"	989	500
E_3	31°56'95" 68°40'89"	1018	700
E_4	31°56'95" 68°40'89"	869	1.400
E_5	31°56'20" 68°41'50"	936	2.000

Para estimar el MPS sedimentado se instalaron cinco captadores por estación contruidos con Cajas de Petri de 78,54 cm², cubiertos con una película de vaselina neutra líquida (Calvo, 1996; Zami *et al.*, 2006), situados a cielo abierto y a nivel del suelo.

Para conocer la variación estacional de la sedimentación de MPS los captadores permanecieron durante treinta días en el campo, durante el período primaveral (noviembre), estival (marzo), otoñal (abril) e invernal (julio).

Coincidente con el muestreo por captadores, en cada estación se extrajo de siete ejemplares elegidos al azar de *L. cuneifolia* y *Z. punctata*, una rama con no menos de 20 hojas adultas del sector de copa orientado hacia la fuente emisora.

Se separó el MPS adherido a las muestras vegetales mediante lavado durante 24 horas con agua destilada. El extracto obtenido se filtró a través de papel de filtro (S&S Rundfilter banda blanca). El MPS y las muestras vegetales fueron secadas a 65° hasta peso constante. Por diferencia de peso se obtuvo la cantidad de MPS en gramos/cm² en los captadores y la cantidad de MPS en gramos/100gramos de biomasa foliar.

Para determinar la respuesta de la vegetación a la sedimentación de MPS se midieron las siguientes variables:

Superficie foliar

De cada especie se colectaron 20 hojas del sector de copa orientado a la fuente emisora, de 20 ejemplares elegidos al azar en las estaciones 1 y 5. Las hojas fueron escaneadas a 300dpi. La superficie foliar se obtuvo mediante el software Scion image.

Altura

Se registró en las cinco estaciones la altura de 10 plantas de cada especie, elegidas al azar.

ANÁLISIS DE DATOS

Se efectuó ANOVA y comparación múltiple de medias por el Test de Tukey ($\alpha=0,05$) para estimar la variación temporal y espacial de la sedimentación del MPS y las respuestas morfológicas de la vegetación. Los valores se transformaron mediante logaritmo (Log10) cuando no cumplían con el supuesto de homocedasticidad.

Para determinar si la sedimentación de MPS en el terreno y en la vegetación coincidió temporal y espacialmente, se realizaron regresiones lineales para cada época de muestreo entre los valores medios de MPS hallado en las cajas de Petri y los valores medios de MPS captados por las dos especies en las mismas estaciones.

Se realizaron contrastes ortogonales para determinar posibles tendencias de crecimiento en altura de las plantas a lo largo del gradiente.

RESULTADOS

MPS EN CAJAS DE PETRI

En los cuatro períodos E_1 recibió la mayor cantidad de MPS seguida por E_2 . Las estaciones E_3 , E_4 y E_5 no muestran diferencias significativas en primavera, otoño e invierno, pero sí en verano donde E_3 captó canti-

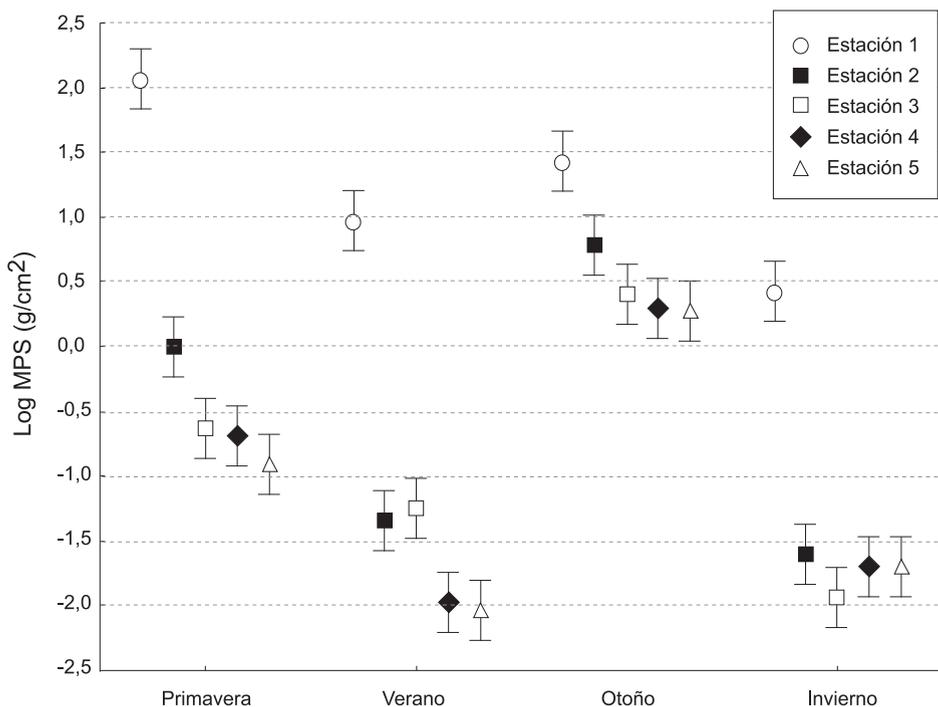


Figura 2. Variación temporal y espacial de la sedimentación del MPS captado por los sensores. $F(12, 80)=11,512$, $p=,00000$ (barras indican intervalos de confianza de 95%)

Figure 2. Temporal and spatial variation of the deposition of MPS captured by sensors. $F(12, 80)=11,512$, $p=,00000$ (bars show confidence intervals of 95%)

dades similares a E_2 , mostrando diferencias significativas respecto de E_4 y E_5 (Figura 2).

En otoño el MPS captado en las cajas de Petri aumentó significativamente en E_2 , E_3 , E_4 y E_5 , comparado con las mismas estaciones para otros períodos.

El invierno fue la época con menor cantidad de MPS en E_1 , E_2 y E_3 . Para E_4 y E_5 , el verano fue el período con menor MPS, aunque sin diferen-

cias significativas con el invierno.

MPS EN VEGETACIÓN

Zuccagnia punctata captó en todos los sitios más MPS que *Larrea cuneifolia*.

Ambas especies retuvieron más MPS en E_1 seguido por E_2 . En E_3 y E_4 se encontraron cantidades similares de MPS al observado en E_5 (Figura 3).

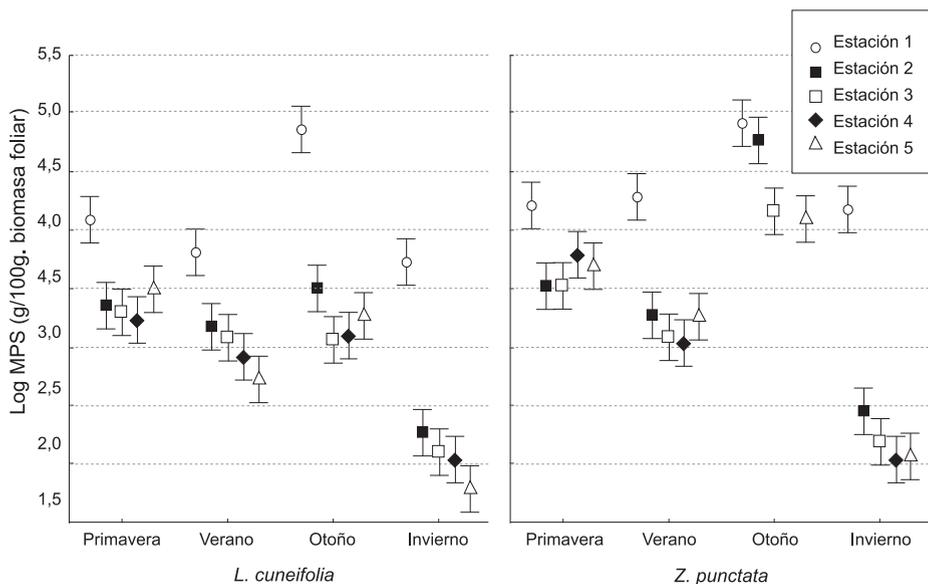


Figura 3. MPS retenido por la vegetación durante el período de muestreo. a) *L. cuneifolia* b) *Z. punctata*. $F(12,237)=4,8786$, $p=0,00000$ (barras indican intervalos de confianza de 95%)

Figure 3. MPS retained by vegetation during the sampling period a) *L. cuneifolia* b) *Z. punctata*. $F(12,237)=4,8786$, $p=0,00000$ (bars show confidence intervals of 95%)

El período de menor MPS captado fue el invierno, mientras que el de mayor cantidad fue otoño (Figura 3).

RELACIÓN DEL MPS EN CAPTADORES VS. MPS EN VEGETACIÓN

En los cuatro períodos las regresiones lineales entre el MPS en las cajas de Petri y el retenido por la vegetación resultaron significativas ($p<0,05$) (Tabla 2). Se observó

Tabla 2. Regresiones estacionales entre el MPS de los captadores y el receptado por la vegetación en los puntos de medición

Table 2. Seasonal regressions between the MPS of Petri dishes and receptive vegetation in the sampling points

Período	<i>L. cuneifolia</i>			<i>Z. punctata</i>		
	F (1,3)	p-value	r ²	F (1,3)	p-value	r ²
Invierno	501,66	0,00019	0,99	871,93	0,00009	0,99
Primavera	62,74	0,0042	0,95	22,55	0,0177	0,88
Verano	27,4	0,01357	0,90	168,49	0,00099	0,98
Otoño	18,07	0,02386	0,96	20,72	0,01986	0,87

correspondencia entre ambos métodos de medición a través del alto valor de r^2 .

RESPUESTAS DE LA VEGETACIÓN

Superficie foliar

Se observó un incremento de la superficie foliar de las dos especies en la zona más contaminada (E_1). *L. cuneifolia* alcanzó $33,25 \pm 0,69$ mm² y *Z. punctata* $280,6 \pm 18,13$ mm². En E_5 fue de $22,01 \pm 0,7$ mm² y $218,74 \pm 17,83$ mm² respectivamente.

Altura

La altura de ambas especies se incrementó en función de la distancia a la fuente de emisión. *L. cuneifolia* lo hizo de forma lineal (F: 196,45, p:0,000). En E_1 alcanzó $0,37 \pm 0,16$ m, mientras que en la zona menos contaminada (E_5) fue de $1,54 \pm 0,28$ m.

El incremento de *Z. punctata* fue de tipo asintótico (Lineal: F: 31,67, p:0,000001; Cuadrática: F: 4,56, p: 0,038). En E_1 la altura media fue $0,70 \pm 0,38$ m, mientras que en E_5 , $1,55 \pm 0,42$ m. Este aumento observado en *Z. punctata* se estabilizó a partir de E_3 .

DISCUSIÓN

En las estaciones E_1 y E_2 fue donde se registró la mayor sedimentación

de MPS, tanto en los captadores como en la vegetación. Esta franja comprendida entre la fuente emisora y los primeros 700 metros definen un área de alto impacto por contaminación atmosférica. Entre E_3 , E_4 y E_5 no se registraron diferencias significativas en el material sedimentado. Dalmaso *et al.*, (1997) y van Heenlen *et al.*, (2007), observaron también una relación negativa entre la sedimentación de partículas en el ambiente y la distancia al foco emisor, si bien no han realizado seguimientos temporales de la sedimentación de MPS.

Las regresiones significativas entre el MPS captado en las cajas de Petri y el retenido en la vegetación muestran a ambas especies como potenciales indicadores de las oscilaciones temporales y espaciales del MPS de origen industrial.

El aumento del área foliar en la zona más contaminada podría estar generado por una respuesta a la disminución de la radiación fotosintéticamente activa incidente en las hojas que estaban completamente cubiertas de MPS (Rhode, 1962; Crawley, 1997; Gianoli, 2004). Varios autores mencionan que las partículas también obturan los estomas disminuyendo el intercambio gaseoso y generando un sobrecalentamiento de la hoja (Steubing, 1975; Wedding, 1975; Vardaka *et al.*, 1995; Chakraborty &

Govind, 2006). Van Herdeen (2007) determinó para un ambiente árido similar que en hojas de *Zygophyllum prismatocarpum* (E. Mey.) las partículas vertidas por la industria calera generaron pérdida de clorofila a, disociación del O₂, inhibición de la asimilación de CO₂, y disminución del transporte de electrones.

Z. punctata y *L. cuneifolia* mostraron menos altura en las zonas próximas a la fuente emisora. En experimentos manipulativos, Iqbal & Shafüq (2001) encontraron también una disminución de los parámetros de crecimiento asociado al material particulado debido a cambios en el metabolismo de la vegetación.

Faisal & Abbasi (1999) e Iqbal & Shafüq (2001) plantearon la importancia de utilizar “cinturones verdes” alrededor de las industrias para mitigar la contaminación ambiental atmosférica por material particulado sedimentado. En este contexto, la conservación de la vegetación natural alrededor de la industria calera de Los Berros surge de relevancia.

AGRADECIMIENTOS

Al CICITCA (UNSJ), a Silva S. (INTA San Juan), J. Márquez, J. Cáceres, M. Hadad, M. Ontiveros, C. Montani, Y. Ribas y J. Leaniz.

BIBLIOGRAFÍA

- BU-OLAYAN, A. & B. THOMAS, 2002. Biomonitoring studies on the leads levels in mesquite (*Prosopis juliflora*) in the arid ecosystem of Kuwait. *Kuwait J. Sci. Eng.* 29(1): 65-73.
- CALVO, M., 1996. *Ingeniería del Medio Ambiente*. Colección Ingeniería del Medio Ambiente. Mundiprensa (Ed.), 701 Pp. Madrid España.
- CHAKRABORTTY, S. & T. Govind, 2006. Biomonitoring of Trace Element Air Pollution Using Mosses. *Aerosol and Air Quality Research* 6 (3): 247-258.
- CODINA, R., S. FIORETTI, P. PÉREZ, N. URETA, J. LLERA, P. VERD, S. CARRIERI, E. MANZANO, 2002. Captación de polvo atmosférico por especies ornamentales. *Rev. Fac. Cs. Agr.* 24 (2): 73-79.
- CRAWLEY, M., 1997. Life history and environment. In: Crawley MJ (ed), *Plant Ecology*. Blackwell, Oxford, 742 Pp.
- DALMASSO, A., R. CANDIA & J. LLERA, 1998. La vegetación como indicadora de contaminación por polvo atmosférico. *Multequina* 6: 85-91.
- DALMASSO, A. & J. MÁRQUEZ, 2004. La vegetación de la Estancia El Acequión y alrededores. *Multequina* 13: 15-31.

- FAISAL, I. & S. ABBASI, 2000. Attenuation of gaseous pollutants by greenbelts. *Environmental Monitoring and Assessment* 64: 457-475.
- GIANOLI, E., 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. En: H. Cabrera (Ed), *Fisiología ecológica de plantas*. Valparaíso Chile, 288 Pp.
- HILL, A.C., 1971. Vegetation: A Sink for Atmospheric Pollutants.. Center for Air Environment Studies. Pennsylvania State University, University Park. U.S.A. *Journal of the Air* 76: 341-346.
- IQBAL, M. Z. & M. SHAFÜG, 2001. Periodical Effect of Cement Dust Pollution on the Growth of Some Plant Species. *Turk. J. Bot.* 25: 19-24.
- MORENO, G., E. MARTÍNEZ CARRETERO, A. FAGGI Y B. VENTO, 2008. Sedimentación atmosférica seca en hojas de *Morus alba* L. en la ciudad de San Juan Argentina. *INTERCIENCIA* 33 (11), 844-849. National Lime association, 2007. <http://www.lime.org/>
- RHODE, G., 1962. Flugasche und Pflanzen-wachstum. *Z. Geshyg. Grenzgebiete* 8: 333-339.
- PRUSTY, B.A.K., P.C. MISHRA & P.A. AZEEZ, 2005. Dust accumulation and leaf pigment content in vegetation near the national highway at Sambalpur, Orissa, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60: 228-235.
- SAMI, M., A. WASEEM, & S. AKBAR, 2006. Quantitative estimation of dust fall and smoke particles in Quetta Valley. *Journal of Zhejiang University Science B* 7(7): 542-547.
- STEUBING, L., 1975. Les dommages causes aux plantations par la pollution atmospherique et filtration des possieres par la vegetation. In: *Le'écosystème urbain*. Colloque international, Organisé par l'agglomerta. Pp.147-156, Bruxelles.
- VAN HEERDEN, P.D.R., G.H.J. KRÜGER & M. KILBOURN LOUW, 2007. Dynamic responses of photosystem II in the Namib Desert shrub, *Zygophyllum prismatocarpum*, during and after foliar deposition of limestone dust. *Environmental Pollution* 146: 34-45.
- VARDAKA, E., C. M. COOK, T. LANARAS, S. P. SGARDELIS & J. D. PANTIS, 1995. Effect of dust from a limestone quarry on the Photosynthesis of *Quercus coccifera*, an Evergreen Schlerophyllous Shrub. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 414-419.
- WEDDING, J., R. CARLSON, J. STUCKEL & F. BAZZAZ, 1975. Aerosol deposition on plants leaves. *Environmental Science Tecnology* 9 (2): 151-153.

Recibido: 09/2008

Aceptado: 11/2008