

# LA VEGETACIÓN COMO INDICADORA DE LA CONTAMINACIÓN POR POLVO ATMOSFÉRICO

VEGETATION AS INDICATOR OF POLLUTION THROUGH ATMOSPHERIC DUST

A. DALMASSO\*, R. CANDIA\*\* Y J. LLERA\*\*\*

\*IADIZA , CC 507, 5500, Mendoza

\*\*Gobierno de Mendoza, Av. A. Ruiz Leal s/nº, 5500 Mendoza

\*\*\* Fac.Cs. Agrarias, U.N.Cuyo, Alte. Brown 500, Luján, Mendoza

## RESUMEN

Se trabajó en las inmediaciones del Municipio de Malagueño- La Calera, Córdoba, donde están instaladas las industrias cementeras de la zona. El área se encuentra enclavada en una zona de transición, coincidente con la finalización de las Sierras Chicas y el comienzo de las Sierras Pampeanas. Se analizó el total de partículas en suspensión depositado sobre el follaje de la vegetación arbórea aledaña. Se muestrearon 64 árboles de 9 especies, entre nativas y exóticas, extrayéndose hojas del sector de la copa orientada a la fuente emisora. Se muestreó separadamente sectores alrededor de la chimenea, a distancias de hasta 200, 1.000 y 3.000 m. El material cosechado, fue lavado, filtrado y pesado, determinándose la cantidad de polvo sedimentable en relación con la materia seca foliar (g polvo sedimentable/ kg de MS follaje).

Se analizó estadísticamente la cantidad de polvo recolectado en cada especie arbórea, estimándose los intervalos de confianza para las medias de cada sector muestreado con un nivel del 95%. Se midió la capacidad diferencial de las especies como receptoras de polvo sedimen-

table, identificándose a *Acacia caven* como la especie más conspicua en constancia y acumulación de polvo atmosférico. El empleo de este método alternativo en estudios de contaminación o impacto ambiental, permite conocer como primera aproximación el grado de contaminación diferencial de particulado sedimentable, en un área donde se carece de registros confiables y permanentes.

## SUMMARY

*The work was done nearby Malagueño, La Calera, Córdoba, where the cement industries of the zone are installed. The area is found in a transition zone, that coincides with the end of the Sierras Chicas and with the beginning of the Sierras Pampeanas. The total suspended particles deposited on the leaves of the neighboring trees were analyzed. The sampling was done on 64 trees from 9 species, either native or foreign, extracting leaves from the crown sector exposed to the issuing source. Sampling was done separately in sectors around the source at 200, 1000 and 3000 meters distance. The collected material was washed, filtered and weighted, determining the*

*amount of dust suspended in relation with the dry leaf matter (grams of sedimentable dust/kg of foliage dry matter).*

*Statistical analysis was made of the amount of dust collected from each species, estimating the confidence interval for the means of each sampled sector with a 95% level. The differential capacity of the species as receivers of sedimented dust was also measured, identifying *Acacia caven* as the most conspicuous species in constancy and accumulation of atmospheric dust. The use of this alternative method in studies of pollution or environmental impact permits to know, as a first approach, the degree of differential pollution of sedimentable particles inside an area where trustable and permanent records are lacking.*

## INTRODUCCIÓN

Entre los contaminantes aéreos más importantes en las ciudades, se señalan: partículas totales en suspensión, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos y ozono superficial (Puliafito *et al.*, 1995). En general las estaciones de medición de contaminantes se concentran en las áreas urbanas y son muy escasos los registros permanentes en los alrededores. Esta situación se agrava cuando se trata de zonas rurales o minero-industriales, donde se desconocen los niveles de fondo, históricos u orientativos sobre el grado de contaminación por particulado y polvo sedimentable. En estas condiciones el follaje de los vegetales puede cumplir un importante papel como receptor del polvo atmosférico y como parámetro de referencia sobre el grado diferencial de contaminación.

Es bien conocido el efecto de filtrado del polvo atmosférico por la vegetación, principalmente la arbórea (CEPAL, 1991). En ello influye el efecto aerodinámico del bosque, debido fundamentalmente a la rugosidad de la masa forestal y a la turbulencia generada en el viento. Se conoce, además, el efecto perjudicial del polvo atmosférico sobre la vegetación, provocando obturación de estomas y reducción de la fotosíntesis y del crecimiento. No existe información disponible sobre daños en la fauna. En el suelo, según el tipo de contaminante, aumenta la concentración de metales pesados y radionucleidos. El particulado en suspensión contribuye al cambio climático por la formación de nubes, reduciendo la radiación incidente y la visibilidad, pudiendo resultar en enfriamiento atmosférico.

El poder de retención de polvo por las hojas varía con la especie y las características morfo-anatómicas de la hoja (superficie expuesta y grado de pilosidad). Este efecto de retención por la vegetación es bien conocido en especies europeas, así *Abies pinsapo* (abeto rojo) retiene 32 Tn/ha en condiciones de bosque denso, mientras que *Populus* sp. (álamo) sólo 1 Tn/ha (Pesson, 1978).

Los bosques y los espacios verdes urbanos tienen un efecto benéfico sobre la calidad del aire, dado que lo filtran fijando los agentes de polución (polvos). Este efecto es tenido en cuenta a veces y solo cualitativamente y no es bien conocido en el diseño urbano y en las áreas industriales.

Se deben distinguir dos aspectos de este fenómeno, uno referido al impacto aerodinámico de la vegetación sobre la

transferencia de contaminantes, ligado a las modificaciones que la vegetación produce sobre la velocidad del viento, y otro relacionado con la captación de los contaminantes por las hojas de los vegetales. La eficiencia de este último proceso depende del tipo de contaminante y de la estructura de la vegetación. En particular dependerá de la densidad y altura de los árboles, de la diversidad de especies y de la orientación y espesor de los árboles y arbustos, respecto a los vientos predominantes (Guldmann and Shefer, 1980). Según estos autores, las primeras investigaciones sobre la captación de polvos en suspensión por los vegetales fue realizada por Hill (1971). Los modelos explicativos y predictivos sobre dicha captación han sido desarrollados por Bennet, *et al.* (1973), Belot, *et al.* (1976).

Zulfacar (1975), realizó una interesante revisión de la literatura rusa sobre el papel de la vegetación como amortiguador sanitario en algunos sitios. La captación es particularmente efectiva para partículas, hallándose valores entre 36 y 68 toneladas por hectárea de bosques de *Pinus* sp. (pinos) y de *Fagus sylvatica* (hayas), respectivamente.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Area de estudio**

El área de estudio se encuentra en la transición coincidente con la finalización de las Sierras Chicas y el comienzo de las Sierras Pampeanas. Durante la primavera predominan los vientos del norte, cálidos y húmedos, derivando en precipitaciones. Durante el verano se produce la entrada de masas de aire del SW, con lluvias y tormentas de tipo tropical y altas tempe-

raturas. Las precipitación media anual es de 800 mm, con distribución marcadamente estival (640 mm). La temperatura media anual es de 16°C, con una máxima media anual de 24°C y una mínima media anual de 10,1°C. Las máximas absolutas alcanzan los 44°C y las mínimas absolutas -10°C.

El estudio se desarrolló en la zona de influencia de las cementeras, en las inmediaciones del Municipio de Malagueño-La Calera, Córdoba.

La zona se encuentra profundamente antropizada, con agricultura de cultivos anuales (principalmente soja); entre estos cultivos persisten especies arbóreas nativas y exóticas, de las cuales se extrajeron las muestras.

### **Diseño del muestreo**

Para la toma de muestras se delimitó alrededor de la fuente emisora (Planta Juan Minetti S.A.) tres superficies circulares : Sector 1, entre 0 y 200 m de la chimenea; Sector 2, entre 200 y 1.000 m; y sector 3, entre 1.000 y 3.000 m., considerando que debía existir un gradiente de disminución de los niveles contaminantes en relación al aumento de la distancia desde la fuente emisora. Debido que los vientos dominantes provienen del cuadrante NE y S, se establecieron dos transectas diagonales cruzadas (imaginarias) con centro en la chimenea, en sentidos SW-NE y NW-SE, a través de las cuales se relevaron, en una franja de hasta 100 m de ancho. Las muestras de hojas se extrajeron del lado de las copas orientadas hacia la fuente emisora, a una altura variable entre 2,5 y 3,5 m, por la facilidad de acceso.

El material extraído fue acondicionado en bolsas y llevado al laboratorio para su procesamiento.

La extracción del material particulado sedimentable (MPS) se efectuó por lavado, agitando periódicamente con agua corriente y pasando un pequeño pincel para favorecer el desprendimiento de las partículas. Se usaron frascos de vidrio de un litro de capacidad. El extracto obtenido se filtró en embudo Buchner a través de papel de filtro Whatman N° 42 (tarado), se secó en estufa y se registró el peso del MPS. Las hojas lavadas libres de MPS, fueron pesadas, luego de secadas en estufa a 65° C hasta peso constante (48 hs). Los datos se expresaron en gramos de MPS por kg de materia seca de hojas (g/kg).

Para cada sector se analizó estadísticamente, mediante MANOVA ( $p < 0,05$ ), la cantidad de polvo contaminante recolectado en cada especie arbórea. Se estimaron los intervalos de confianza para las medias de cada sector con un nivel del 95%, con el fin de determinar cuales medias de las especies estudiadas en cada uno de ellos excede el límite superior e inferior de cada intervalo.

Es importante considerar que este valor de polvo depositado sobre el vegetal, no es un registro instantáneo o de un período conocido de deposición, sino que se trata de un proceso acumulativo, cuya constancia depende del tipo de sustancia depositada. En el caso específico del cemento se ha observado que las lluvias no desprenden totalmente el polvo depositado, esto podría deberse a la elevada adherencia del material.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron en total 64 ejemplares de las siguientes especies nativas o exóticas: *Acacia caven*, *Celtis tala*, *Eucaliptus camaldulensis*, *E. viminalis*, *Geoffroea decorticans*, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra*, *Aspidosperma quebracho blanco* y *Schinus fasciculatus*.

El análisis del particulado depositado a 200 m de distancia de la fuente emisora, indica que las partículas de 5 micrones y menores representan el 62% del total, mientras que el 38 % restante se ubica entre 6 y 15 micrones (Monge, Inédito).

La Tabla 1 muestra los valores de polvo depositado en vegetales a distintas distancias de la fuente emisora y se registran los intervalos de confianza referidos al peso de polvo sedimentable en función de los sectores muestreados.

A partir de los datos de la Tabla 1, puede observarse que las especies que superan el promedio del sector 1 son : *Acacia caven* y *Geoffroea decorticans*; en el sector 2: *Acacia caven*, *Eucaliptus viminalis* y *Geoffroea decorticans* y para el sector 3 *Acacia caven* y *Prosopis nigra*. Por el contrario, las especies en las que se registró menor cantidad de polvo en los distintos sectores fueron *Aspidosperma quebracho blanco* y *Prosopis alba*. El bajo valor registrado para esta última, puede deberse a que el sitio muestreado estaba alejado de la influencia de la fuente emisora. Además puede notarse a través de los valores máximos, mínimos y de los errores típicos, la gran variabilidad de las mediciones, lo cual indicaría la necesidad de utilizar la mayor cantidad posi-

Table 1. Amount of polluting dust deposited over the foliage of the tree species located in three sectors close to the issuing source, and corresponding statistical description.

Table 1. Amount of polluting dust deposited over the foliage of the tree species located in three sectors close to the issuing source, and corresponding statistical description.

Sectores	Especie arbórea	Cantidad de árboles	Promedio (g/kg)	Error típico (g/kg)	Coeficiente de Variación (CV%)	Valor	
						Máximo (g/kg)	Mínimo (g/kg)
1 (0-200 m)	<i>Acacia caven</i>	8	36,22	8,92	25	77,02	4,93
	<i>Celtis tala</i>	2	19,49	7,61	39	27,1	11,88
	<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	2	3,44	1,13	33	4,57	2,3
	<i>Eucaliptus viminalis.</i>	1	15,21	nc	nc	nc	nc
	<i>Geoffroea decorticans</i>	2	31,06	16,88	54	47,95	14,18
	<i>Prosopis nigra</i>	5	20,62	9,52	46	58,13	7,86
	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	1	1,65	nc	nc	nc	nc
	<i>Schinus faciculatus</i>	2	17,24	6,48	38	23,73	10,75
	SECTOR 1	23	24,01	4,43	18	77,02	2,3
	Interv. confianza	Lím. inf. Lím. sup.	14,71 33,31				
2 (200-1.000 m)	<i>Acacia caven</i>	2	16,01	6,38	40	22,39	9,63
	<i>Eucaliptus viminalis.</i>	1	15,54	nc	nc	nc	nc
	<i>Geoffroea decorticans</i>	3	13,73	6,18	45	25,28	4,16
	<i>Prosopis alba</i>	1	4,01	nc	Nc	Nc	nc
	<i>Prosopis nigra</i>	10	9,32	1,53	16	18,41	3,89
	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	1	5,59	nc	nc	nc	nc
	SECTOR 2	18	10,64	1,53	14	25,28	3,89
	Interv. confianza	Lím. inf. Lím. sup.	7,43 13,85				
3 (1.000-3.000m)	<i>Acacia caven</i>	3	11,84	5,89	50	21,82	1,41
	<i>Celtis tala</i>	2	8,81	0,52	6	9,34	8,29
	<i>Geoffrea decorticans</i>	4	7,04	1,42	20	9,23	3,01
	<i>Prosopis alba</i>	3	4,52	0,3	7	5,13	4,19
	<i>Prosopis nigra</i>	9	13,42	3,27	24	28,17	2,71
	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	1	1,83	nc	nc	nc	nc
	SECTOR 3	22	10,23	1,64	16	28,17	1,41
	Interv. confianza	Lím. inf. Lím. sup.	6,79 13,67				

nc: no corresponde su determinación por ser valor único

ble de repeticiones para obtener resultados confiables.

En la misma tabla se presentan los intervalos de confianza para las medias de cada sector, en donde el límite superior del intervalo del sector 1 es superado por el promedio de *Acacia caven* y menores al límite inferior están los promedios de *Eucaliptus camaldulensis* y *Aspidosperma quebracho blanco*. Para el sector 2, nuevamente *Acacia caven* supera el límite superior, junto a *Eucaliptus viminalis* (un solo ejemplar muestreado), y como menores al límite inferior *Aspidosperma quebracho blanco* y *Prosopis alba*. En el sector 3 ninguna de las especies supera el límite superior del intervalo. Con valores menores al límite inferior se encuentran *Prosopis alba* y *Aspidosperma quebracho blanco*.

Los valores testigos (árboles alejados del área de influencia) de MPS para algunas de las especies consideradas son: *Acacia caven*: 1,41 g/kg MS foliar, *Prosopis nigra*: 2,71 g/kg MS foliar, *Prosopis alba*: 4,01 g/kg MS foliar, *Geoffroea decorticans*: 3,01 g/kg MS foliar, *Aspidosperma quebracho blanco*: 1,83 g/kg MS foliar,

Se observa que los niveles de contaminación del sector 1 y 2 sobre *Eucaliptus viminalis* manifiestan una contaminación similar por encontrarse al NE de la planta, coincidente con el sentido de los vientos dominantes que transportan las partículas desde la fuente emisora.

*Aspidosperma quebracho blanco* presenta una alta variación en los registros en los diferentes sectores. En general para esta especie, la acumulación de MPS ha sido baja para los casos observados.

## CONCLUSIÓN

El análisis del polvo depositado en las hojas de la vegetación en la zona aledaña a la fuente emisora, permite una primera aproximación de carácter cuantitativa, en aquellas áreas donde no existen registros continuos. Para estudios de contaminación o impacto ambiental, el contar con registros de polvo sedimentable sobre la vegetación, permite inferir el grado de contaminación y la distribución de ésta.

A partir de los datos obtenidos, se puede concluir que:

a) *Acacia caven*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis nigra* son las especies que presentaron una mejor capacidad de retener en su follaje el polvo atmosférico. Siendo *Acacia caven* la que presentó menor variabilidad en su estimación para un entorno cercano a la fábrica.

b) En una capacidad intermedia se ubican *Eucaliptus viminalis*, *Celtis tala* y *Schinus fasciculatus*.

c) Se considera a *Prosopis alba*, *Aspidosperma quebracho blanco* y *Eucaliptus camaldulensis* como especies con características de escasa retención del polvo atmosférico.

d) Es necesario realizar una mayor cantidad de mediciones que confirmen estas primeras conclusiones, ya que ciertas especies presentaban muy pocos ejemplares en la zona.

e) Realizar mediciones a lo largo del año con muestreos estacionales, partiendo de material no contaminado o árboles de hoja caduca.

f) Se considera de interés la realización de estudios morfo-anatómicos

foliares de las especies, lo que permitirá conocer la capacidad de retención de polvo sedimentable.

g) Es posible que aquellas especies que por sus características anatómico-foliares tengan la capacidad de retener escasa cantidad de polvo atmosférico, sean las más dotadas en tolerar un mayor grado de contaminación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BENNET, J.H., A.C. HILL & D.M. GATES, 1973. A Model for Gaseous Pollutant Sorption by Leaves. *Journal of the Air Pollution control association*. 23: 957-962.
- BELOT, Y., A. BAILLE & J.L. DELMAS, 1976. Modèle Numérique de Dispersion des polluants Atmosphériques en Presence de Couverts Végétaux. *Atmospheric Environment*, 10:89-98.
- CEPAL, 1991. Impacto Ecológico de Contaminantes Atmosféricos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile, 1 al 3 de Julio. pág. 8.
- GULDMANN, J.M & D. SHEFER, 1980. *Industrial Location and Air Quality Pollution Control Association*. 21: 341-346.
- HILL, A.C. 1971. Vegetation: A Sink for Atmospheric Pollutants. *Journal of the Air 76*. Center for Air Environment Studies. Pennsylvania State University, University Park. U.S.A.
- PESSON, P., 1978. *Ecología Forestal. El bosque: clima, suelo, árboles, fauna*. Mundiprensa (Ed.). Madrid. España.
- PULIAFITO S.E., J.L. PULIAFITO, J.C. BEHLER y P. ALONSO, 1995. La calidad del aire en Mendoza. En *Mendoza Ambiental*, pag. 207- 242.
- ZULFACAR, A., 1975. Vegetation and Urban Environment. *Journal of the Urban Planning and Development Division*, 101:21-33.

