Contaminantes en las plantas de terrazas verdes

por: Rico Selas. M.I., Cartagena Causapé, M.C y Arce Martinez, A.*

Podemos entender por contaminantes atmosféricos las sustancias que, o bien son extrañas, o han modificado su proporción en el aire y que suponen un riesgo o daño para las personas y su entorno.

Los contaminantes atmosféricos se dividen en primarios, si se encuentran en el aire tal como fueron emitidos y secundarios, si son el producto de reacciones químicas. Los contaminantes gaseosos principales son los compuestos de azufre (óxidos y H_2S) los de nitrógeno (óxidos y NH_3) los de carbono (óxidos, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos) y los de los halógenos. Los contaminantes no gaseosos se designan como partículas, pueden ser sólidas o líquidas y pueden estar constituidas por carbón, metales u óxidos, compuestos de azufre, de nitrógeno, etc. El tamaño de las partículas va desde menos de 1 micra en los humos, a 100 micras en el polvo.

Las fuentes de emisión son muy variadas y entre ellas pueden citarse, el transporte, los procesos de combustión de todo tipo, prácticas industriales y agrícolas, etc. En los últimos años, las emisiones de SO_2 en Europa han disminuido notablemente debido al cambio en el tipo de combustibles y el descenso de la industria pesada. Sin embargo, se ha producido un aumento en las emisiones de gases nitrogenados.

Los contaminantes que se emiten a la atmósfera desde los distintos focos sufren un proceso de dispersión, se mezclan, lo que provoca una serie de importantes interacciones entre ellos y después de un tiempo de residencia se depositan. Los tiempos de residencia de los diferentes contaminantes son variables y dependen de la composición y del estado físico del contaminante; a título de ejemplo, los tiempos de residencia del SO_2 y NOx van desde las horas hasta 2 días y los de SO_4^{2-} y NO_3^- alcanzan una semana.

Los procesos de deposición pueden ser húmedos y secos. En los primeros los contaminantes son eliminados de la atmósfera, por la lluvia, nieve o niebla y así se origina la conocida lluvia ácida. El depósito seco tiene lugar directamente sobre la superficie terrestre y la naturaleza física, química o biológica del lugar donde se depositan los contaminantes y su propia naturaleza determinan su absorción. Así gases solubles como el SO_2 y el NH_3 pueden ser absorbidos por los estomas o a través de la cutícula de las hojas y pueden disolverse en el agua superficial y ser también absorbidos por la planta o el suelo.

Aparte de los efectos nocivos que los contaminantes atmosféricos pueden ejercer directamente sobre las personas, los materiales también son afectados con el efecto económico que de ello se deriva. Así, por ejemplo el SO_2 contribuye activamente al deterioro de cementos y pizarras de los tejados o a la corrosión de metales.

Las plantas se encuentran sometidas a una mezcla compleja de contaminantes atmosféricos gaseosos y la respuesta a los mismos puede ser aditiva, antagónica y sinérgica. Estos contaminantes modifican la morfología de la planta, la regulación de la apertura de los estomas y pueden producir cambios en el metabolismo. Los factores que determinan el tipo de respuesta dependen de la clase y dosis de contaminante, de las condiciones ambientales y de factores internos de la planta.

Cuando las partículas que contienen los metales pesados se depositan, parte lo hará en la propia planta y parte en el suelo. En el primer caso, puede existir una absorción foliar que depende del metal y que puede dar lugar a una incorporación al interior de la planta del metal en cuestión; la parte que se deposita en el suelo, para ser absorbida por la planta tiene que pasar a la solución del suelo, y la cuantía en que esto ocurra será también función del tipo de metal y de las características del suelo, de las cuales la mas importante será el pH. El efecto de los metales pesados en las plantas es muy variable y así las hay que no só-

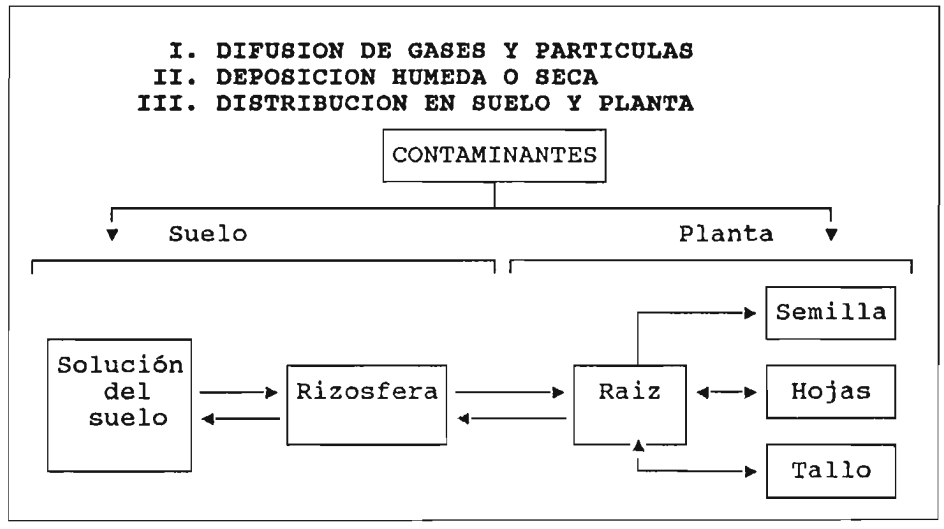

Fig. 1: *Transferencia de contaminantes atmosféricos.*

(*) Departamento de Química y Análisis Agrícola. E.T.S.I. Agrónomos. U.P.M.

lo son resistentes a la presencia de metales pesados, sino que son capaces de acumularlos cuando se desarrollan en suelos contaminados y se pretende utilizarlos como descontaminantes. La transferencia de contaminantes atmosféricos en el sistema suelo-planta se esquematiza en la figura 1.

En la terraza experimental de la E.T.S.I. Agrónomos se ha cultivado una especie de "Sedum album" sobre un sustrato de origen volcánico. En el presente trabajo se estudia la presencia de diferentes contaminantes ambientales en las plantas ubicadas en esta terraza, que estará condicionada por los factores medioambientales.

Los niveles de contaminación existente sobre la terraza son bajos debido a la situación de la misma como se puede observar en los gráficos de la figura 2, confeccionados a partir de los datos proporcionados por el Departamento de Contaminación del Ayuntamiento de Madrid. Los valores máximos registrados en Madrid se corresponden generalmente con los de la Plaza del Doctor Marañón que se incluye como elemento comparativo. Al no disponer de datos recogidos sobre la propia terraza los valores estimados en la misma se encuentran comprendidos entre la estación de Cristo Rey y los de la Casa de Campo. Los valores de contaminación varían estacionalmente de forma general, encontrándose los máximos en los meses de invierno. Los datos correspondientes a la temperatura y pluviometría se presentan en la tabla 1.

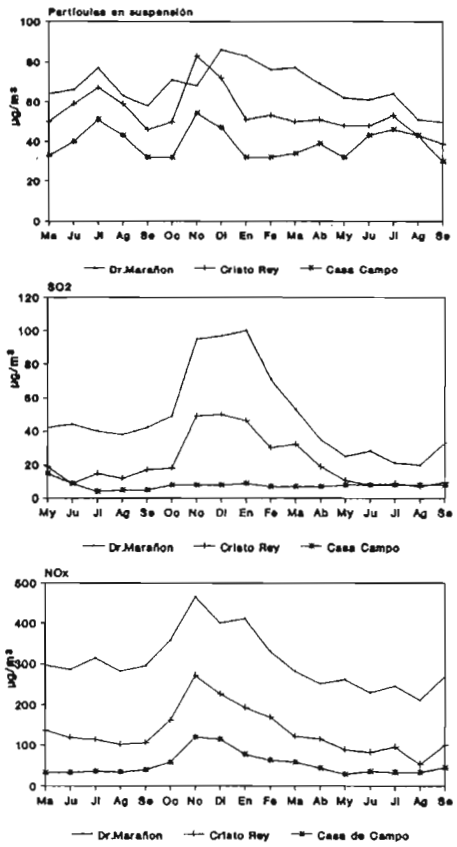

Fig. 2: *Niveles de algunos contaminantes desde la implantación de la terraza verde.*

El Departamento de Química y Análisis Agrícola se ha incorporado al Proyecto de la Terraza Verde en mayo de 1995 tomándose muestras en junio (antes de las lluvias registradas en ese mes) y en septiembre (después de las lluvias). Las temperaturas en las dos tomas difieren únicamente en unos tres grados. El muestreo se ha realizado en tres puntos de la zona central de la terraza coincidentes con los correspondientes a la toma de muestra del sustrato, recogiéndose tres plantas en cada punto. Sobre la parte aérea de la planta se han realizado los siguientes ensayos:

1.- Determinaciones en muestra fresca.
   a) Obtención de las curvas de pérdida de peso.
   b) Lavado con agua en baño de ultrasonido.
   c) Rendimiento en materia fresca.
   d) Estudio fotográfico.

2.- Determinaciones en el agua de lavado.
   a) Análisis de aniones por cromatografía de alta eficacia.
   b) Análisis de iones metálicos por absorción atómica.

3.- Determinaciones en la planta lavada.
   a) Aniones, en el extracto acuoso obtenido mediante reflujo, por cromatografía líquida de alta eficacia.
   b) Iones metálicos, en el extracto obtenido mediante disolución de la muestra seca en horno de microondas con mezcla de $HNO_3/HClO_4$, por absorción atómica.

El desarrollo de las plantas muestreadas, siendo el rendimiento medio en materia fresca de 7-9 gramos. El estudio fotográfico de las plantas realizado con la colaboración del Departamento de Biología Vegetal, ha permitido visualizar las deposiciones atmosféricas y su distribución, así como la eficacia del tratamiento utilizado para su lavado. En la figura 3 se aprecian manchas negras e incrustaciones en la planta antes de su lavado.

Tabla 1. Pluviometría y temperatura del período Mayo-Septiembre de 1995 (1)

Meses	mm	tiempo (h-min)	Temperatura
Mayo	20.0	10-40	19.2
Junio	92.0	10-00(*)	22.5
Julio	3.4	2-50	26.4
Agosto	18.6	4-30	25.2
Septiembre	24.6	5-00	18.6

(*)Tormentas, el 24 de junio cayeron 66,8 mm en 3 h-50 min.
(1) Datos proporcionados por el Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal.

Tabla 2. Aniones depositados en la superficie de la planta (ppm)

Aniones	Junio		Septiembre	
	Mat.seca	Mat.fresca	Mat.seca	Mat.fresca
Cl^-	466	74,5	178,8	28,6
NO_2^-	14,5	2,3	7,9	1,26
NO_3^-	76,9	12,3	41,3	6,6
SO_4^{2-}	725	116	258	41,3

Tabla 3. Contenidos en aniones en el interior de la planta (ppm)

Aniones	Junio		Septiembre	
	Mat.seca	Mat. fresca	Mat.seca	Mat.fresca
Cl^-	2.027	324	2.331	373
NO_2^-	228	36,5	233	37,3
NO_3^-	404	64,4	617	98,8
SO_4^{2-}	6.921	1.107	2.581	413

Fig. 3: "Sedum album" antes de ser lavado.

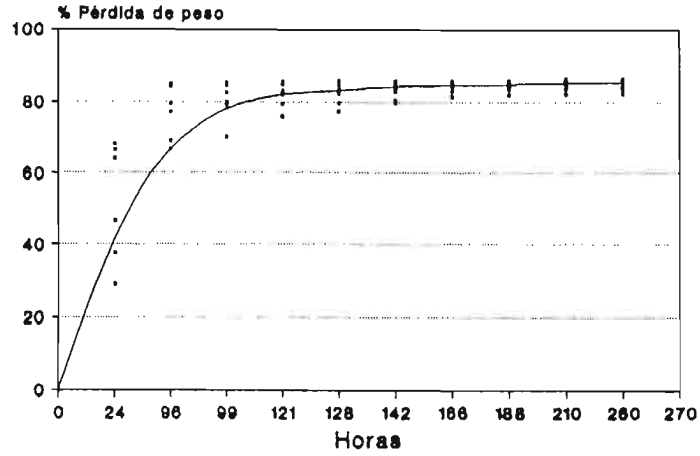

Fig. 4: Pérdidas de peso de la parte aérea de las plantas (tª 60ºC)

Tabla 4. Iones metálicos depositados en la superficie de la planta (ppm).

Metales	Junio		Septiembre	
	Mat.seca	Mat. fresca	Mat.seca	Mat.fresca
Fe	66,2	10,6	11,9	1,9
Ni	--	--	--	--
Zn	--	--	--	--
Cr	20,3	3,25	10,6	1,7
Co	--	--	--	--
Cu	--	--	--	--
Pb	25	4,0	8,1	1,3
Cd	--	--	--	--

Tabla 5. Iones metálicos contenidos en el interior de la planta (ppm).

Metales	Junio		Septiembre	
	Mat.seca	Mat. fresca	Mat.seca	Mat.fresca
Fe	977,3	156,4	405	64,8
Ni	14,2	2,28	10,5	1,7
Zn	30,2	4,8	24,8	4,0
Cr	6,0	0,96	2,8	0,45
Co	7,4	1,2	5,7	0,9
Cu	10,7	1,7	10,2	1,63
Pb	24,3	3,9	27,3	4,37
Cd	--	--	--	--

En la figura 4 se representa la curva media de pérdida de peso en función del tiempo (temperatura 60ºC). Se observa una gran variabilidad sobre todo a tiempos bajos, tendiendo a una mayor uniformidad a medida que transcurre el tiempo. La pérdida de peso media ha sido del 84% al cabo de 5 días, lo que demuestra la gran capacidad de retención de agua del Sedum album.

En la tabla 2 se recogen los valores en ppm de aniones depositados en la superficie de la planta, como consecuencia de la contaminación atmosférica o del propio sustrato. Los valores máximos corresponden a SO_4^{2-} y Cl^- produciéndose una disminución de junio a septiembre como consecuencia de la intensa lluvia caída. Los valores de la tabla 3 corresponden a los contenidos en el interior de la planta, que pueden deberse a la naturaleza de la misma y a la absorción foliar o radicular. El contenido máximo es también de SO_4^{2-} seguido de Cl^-, NO_3^- y NO_2^-, sin embargo en este caso, de junio a septiembre se produce un aumento en la concentración de los tres últimos, disminuyendo notablemente el contenido en SO_4^{2-}.

En cuanto a la presencia de los iones metálicos estudiados, se puede observar que únicamente se ha encontrado depositados en la superficie de la planta (Tabla 4) hierro, cromo y plomo produciéndose una disminución de junio a septiembre, igual que en el caso de los aniones como consecuencia de las lluvias. Respecto a los iones metálicos encontrados en el interior de la planta (Tabla 5) son mucho más abundantes en número, si bien las concentraciones de Pb son análogas a las encontradas en la superficie, las del Cr son menores y las de Fe mucho más elevadas. En cuanto a la variación de junio a septiembre se produce una disminución del contenido en FE, Ni, Zn, Cr y Co manteniéndose la de Cu y aumentando ligeramente la de Pb.

Aunque en los resultados obtenidos se aprecian diferencias estacionales, el número de muestras realizadas hasta el momento no permiten sacar conclusiones. Por otra parte cuando se disponga de mayor número de datos se tratará de establecer correlaciones con las variaciones que se produzcan en los sustratos.

BIBLIOGRAFIA

-Allen, LH. (1990). Effects of carbon dioxide on photosynthesis, plant growth and other processes In: Kimball B. et al., eds. Impact of carbon dioxide, trace gases, and climate change on global agriculture. ASA Special Publication. Nº 53. Madison: American Society for Agronomy, 45-60.

-Arce, A., Vallejo, A., López-Valdivia, L.M. and Hoyos P. (1995). Influence of the type of nitrogenous fertilizer on nitrate-N levels in lettuce leaves (Lactuca sativa L. cv. Rubia hortelana. Agricultura Mediterranea, (en prensa).

-Darrall, N.M. (1989). The effect of air pollutants on physiological processes in plants. Plant, Cell and Environment. 12: 1-30.

-Díez, J.A., Roman, R., Cartagena, M.C., Vallejo, A., Bustos, A. and Caballero, R. (1994). Controlling nitrate pollution of aquifers by using different nitrogenous controlled release fertilizers in maize crop. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 48, 49-56.

-McLaughlin, SB y Taylor, GE. (1981). Relative humidity: important modifier of pollutant uptake by plants. Science, 211: 167-169.

-METROHM. (1987). Ion Chromatographic determination of chloride, nitrite, nitrate and sulphate in vegetable juices. Application Bulletin. 166/2.

-Merian, E. (1991). Heavy metals in soils and their environmental significance. En: Advances in Soil Science. Vol 9 (Eds. Lal, R., Steward, B.A.) 113-141. Springer Verlag. New York.

-Mingot, J.I., Obrador, A., Alvarez J.M. y Rico, M.I. (1995). Acid extraction and sequential fractionation of heavy metals in water treatment sludges. Environmental Technology. Vol. 16, nº 9, 869-876.

-Van der Stegen, J y Nyttenaere, C. (1991). Status of sulphur in the foliage of norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in relation to the mode of contamination. Env. Poll., 69: 327-336.

-Webber, J. (1981). Trace metals in agriculture. En: Effect of Heavy metal pollution on plants. Vol. 2. N.W. Lepp (ed.). Applied Science. London.

-Wellburn, A.R. (1990). Why are atmospheric oxides of nitrogen usually phytotoxic and not alternative fertilizers?. New Phytologist. 115: 395-429.