

# Las plantas y la contaminación atmosférica

**JOSE FCO. BALLESTER-OLMOS**

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada.

La capacidad de retención de partículas de polvo en la atmosfera depende de las especies plantadas. Un césped puede fijar de 3 a 6 veces más polvo que un cristal.



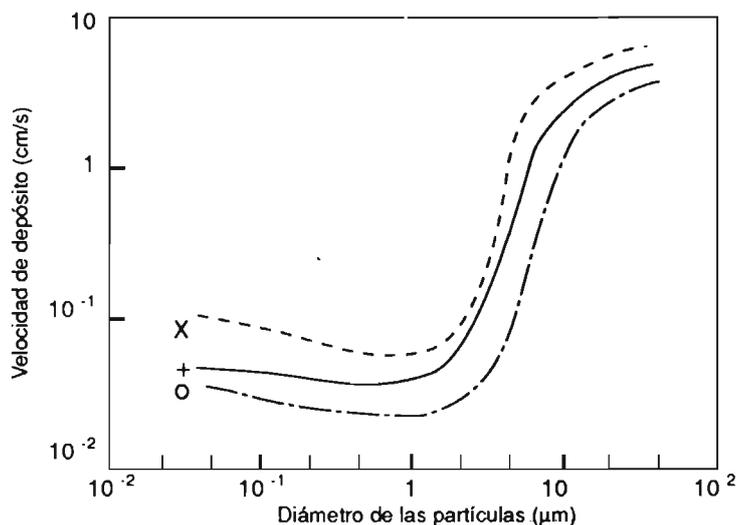
**L**a vegetación urbana, además de su función ornamental, recreativa y de contacto con la naturaleza para el hombre sin salir de su entorno edificado, mejora las condiciones climáticas de la ciudad al actuar como refrigeradora y reguladora del intercambio de aire.

## Introducción

La vegetación urbana, además de su función ornamental, recreativa y de contacto con la naturaleza para el hombre sin salir de su entorno edificado, mejora las condiciones climáticas de la ciudad al actuar como refrigeradora y reguladora del intercambio de aire, aspectos antes comentados (Bernatzky, 1970; Oke, 1979).

La Carta de Atenas pone el acento en la función sanitaria de los espacios verdes y los bosques periurbanos: «Mantener o crear espacios libres constituye una necesidad y es

**Fig. 1:**  
**Velocidad de depósito de partículas en función de su diámetro aparente (sobre una pradera)**



X = 140 cm/seg, + 70 cm/seg, o = 36 cm/seg (Chamberlain, 1975).

para la especie humana una cuestión de salud pública».

Las plantas se encuentran entre los acondicionadores de aire más efecti-

vos. Eliminan el dióxido de carbono y otros contaminantes de aire aportando el necesario oxígeno para el hombre, a la vez que atacan el polvi-

lo atmosférico y aportan humedad a la atmósfera. Por ejemplo se ha visto que un haya consume y transforma anualmente CO<sub>2</sub> a partir del aire en cantidades equivalentes a las que se hallarían dentro del espacio de 800 casas unifamiliares (Robinette, 1972).

El número relativo de personas afectadas por bronquitis crónica y enfisema, incluso entre no fumadores, es significativamente más alto en las ciudades que en el campo, y lo mismo cabe decir para los ataques de asma. A tenor de esto las plantas cumplen diferentes funciones en la reducción de la contaminación ambiental (Knabe, 1977) con otros efectos importantísimos que se manifiestan simultáneamente de distintas formas y que se producen por la acción aerodinámica de la vegetación o bosques sobre las capas de aire por debajo de ellas, o bien el efecto de filtro, o también la absorción de contaminantes por la misma vegetación.

En cuanto al depósito sobre la vegetación, el tamaño de las partículas es determinante: por encima de 5-10 micras, los depósitos son intensos, y

Climatización  
frío-calor  
y generadores  
de aire caliente



Nuestros invernaderos  
permiten  
la automatización  
total



**Los hacemos bien**

CAMINO XAMUSSA, s/n.  
TEL. (964) 51 46 51  
FAX (964) 51 50 88  
APDO. CORREOS 145  
12530 BURRIANA  
(CASTELLÓN)



Tecnología hortícola  
y diseño industrial  
a su servicio



por ello las partículas finas y el SO<sub>2</sub> (micras) tiene poca retención. (Fig. 1).

**Acción contra las partículas contaminantes**

En primer lugar ayuda a disminuir la contaminación atmosférica, debido a que las partículas de polvo en suspensión que el aire contiene y transporta, se absorben en las superficies de las hojas. Este es, en principio, un proceso meramente pasivo, en el cual las zonas verdes actúan como elementos no contaminantes en los que se depositan partículas polucionantes que, luego, son absorbidas por el suelo.

En el caso de las partículas sólidas, las cantidades fijadas son tanto más importantes cuanto mayores son. Con diámetros superiores a 5 micras (polen, esporas, polvo terrestre, gotas de niebla o de aire marino) es notable el depósito que se realiza siempre que las fuentes de emisión sean bajas y la velocidad del viento elevada, pero en el caso de partículas más pequeñas (aerosoles provenientes de combustiones y reacciones en fase

gaseosa u otras (por ejemplo nitratos o sulfatos) es muy poco intenso el depósito (no sobrepasando el valor de 1,5 el valor de disminución), e incluso a concentraciones altas son dañinas para las propias plantas, por lo que en estos casos hay que recurrir a especies de suficiente resistencia a la polución.

Aunque el azufre y el nitrógeno son dos elementos esenciales para las plantas y que ordinariamente se absorben disueltos en el agua por vía radicular, parece lógico pues, que puedan ser tomados también en sus formas gaseosas de dióxido de azufre o dióxido de nitrógeno.

En algunos países se han dictado normas estrictas que obligan a rodear las plantas industriales con franjas arboladas o bosques. A este respecto existen magníficos estudios (Belot et al, 1976) en los que se ha calculado la velocidad de sedimentación de partículas de diferentes tamaños, así como el SO<sub>2</sub>, en cinturones arbóreos de diferentes dimensiones para núcleos industriales.

Se estima que un cinturón vegetal de 200 m de ancho reduce un 75% el

**L**as plantas se encuentran entre los acondicionadores de aire más efectivos. Eliminan el dióxido de carbono y otros contaminantes de aire aportando el necesario oxígeno para el hombre, a la vez que atrapan el polvillo atmosférico y aportan humedad a la atmósfera.

	<p><b>Cristal y Plásticos de ambiente como el Celloflex, policabornato, poliéster, etc</b></p>		<p><b>Adaptación y proyectos con doble cámara hinchable, ventiladores, paneles de cooling-system, pantallas térmicas enrollables.</b></p>
<p><b>Adaptamos el clima a las necesidades del cultivo</b></p>		<p><b>Con nuestras estructuras es posible adaptar todo tipo de mallas para la protección de cultivos en las especies de clima mediterráneo.</b></p>	
<p><b>Invernaderos adaptados a los cultivos</b></p>			

**S**e estima que un cinturón vegetal de 200 m de ancho reduce un 75% el contenido atmosférico de polvo. En las calles con arbolado, el contenido de partículas de polvo por unidad de volumen de aire puede ser hasta 12 veces menor que en vías públicas sin árboles.

contenido atmosférico de polvo.

En las calles con arbolados, el contenido de partículas de polvo por unidad de volumen de aire puede ser hasta 12 veces menor que en vías públicas sin árboles.

Esta capacidad depende de las especies plantadas y como media podemos consignar que un césped fija de 3 a 6 veces más polvo que un cristal, y un árbol 10 veces más que su proyección sobre el suelo de pradera, con una media de 4x10 microgramos por m<sup>2</sup> de superficie foliar y hora.

Los árboles son generalmente más efectivos en la reducción de la tasa de contaminación por partículas que en el caso de los contaminantes gaseosos.

La elección de las especies arbóreas en las ciudades se debe realizar atendiendo lógicamente a los aspectos decorativos, pero teniendo presente al mismo tiempo que las especies cuyo limbo foliar es más riguroso por poseer vellosidad o por tener las nerviaciones prominentes, son más hábiles para la captación de las partículas contaminantes del aire con menor tamaño, que parecen ser más

perjudiciales para la salud humana.

Las coníferas, por ser árboles de hoja perenne, cumplen mejor a lo largo del año la función de filtrantes de partículas contaminantes que los de hoja caduca y, además, permiten un mejor asentamiento de estas en sus acículas. Se ha comprobado que la absorción anual de polvo en resinosas es 1,62 veces mayor que en las frondosas. No obstante ha sido constatado que no sólo son las hojas las captadoras de polvo, sino que todo su entramado de ramas y ramillas también se cargan de polvo. En un período vegetativo un haya recoge en su follaje 39 microgramos de polvo por cm<sup>2</sup> siendo 61 microgramos por cm<sup>2</sup> en el caso de las encinas. En otras palabras: los árboles toman 35 gr de polvo por m<sup>2</sup> de área arbolada, que es llevado después al suelo por las lluvias dando lugar a un depósito de unas 350 Kg/Ha. Sin embargo algún autor da cifras 200 veces mayores que las citadas: 32 Tm captadas por los bosques de *Picea* y 68 Tm por un bosque de hayas. Otros investigadores señalan cantidades menores pero que parecen que se corres-

## Maquinaria hortícola PLANTADORA



# Sabater

Polígono Industrial « El Cros »

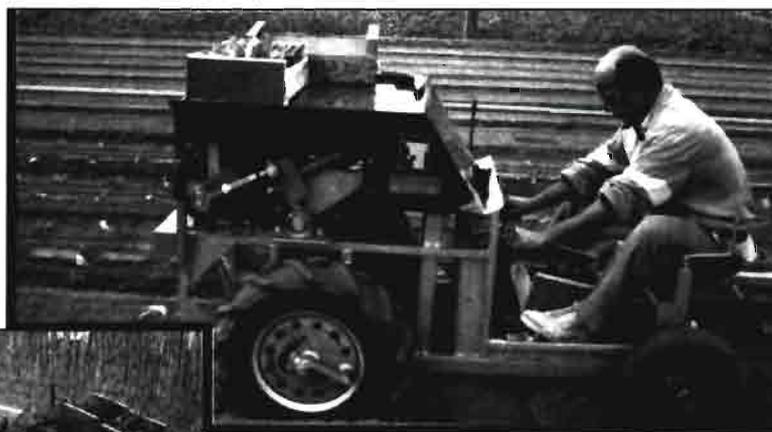
Argentona (Barcelona)

Tels. 93 / 798 21 95 - 798 61 60

Correspondència: Pl. Tereses, 33

08302 Mataró (Barcelona)

Oficina: Telex (internacional) 52707 - 50948



Modelo tipo	ST 2
Ancho vía centro ruedas	0,86 m.
Ancho plantación	0,60 m.
Número elementos plantación	2
Nº. personas sobre la máquina	1

- Es una máquina automotriz. Planta sobre terreno llano, caballón, o sobre plancha.
  - Planta sobre plástico: perfora el filme, sin desgarros.
  - Adecuada a todo tipo de cepellón (cúbico, piramidal, mini etc.)
  - Capacidad : ±2.500 plantas/hora por persona plantadora.
- Regulación de plantación: Profundidad de plantación, de 1 a 10 cms.
  - Distancia entre líneas, de 15 a 50 cms.
  - Distancia entre plantas, de 10 a 40 cms.

El abono lento que siempre llega primero.

# Nitrofoska<sup>®</sup> Permanent

La solución ideal para el abonado de fondo de cultivos hortícolas

- ✓ Proporciona una nutrición más regular y constante gracias a sus distintas formas de Nitrógeno: nítrico, amoniacal, e Isodur (auténtico N de acción lenta).
- ✓ Disminuye el riesgo de fitotoxicidad ("quemaduras") y salinidad por efectos del abonado.
- ✓ Reduce las pérdidas de nutrientes por lavado (lixiviación), con lo que se obtiene un mejor aprovechamiento del abono utilizado.
- ✓ Suministra todos los nutrientes necesarios de forma equilibrada: Nitrógeno, Fósforo y Potasio y además: Magnesio, Azufre y Microelementos.

Aplique Nitrofoska Permanent y olvide de abonar durante 2 ó 3 meses



Tecnología de vanguardia en la fertilización de cultivos intensivos

**BASF**

ponden mejor con la realidad: 280-1.000 Kg/Ha, valores que son del orden de los antes mencionados. Estas diferencias se explican de forma sencilla considerando los métodos de estudio empleados: en los trabajos

**Fig. 2:** Purificación ambiental por las plantas



de laboratorio las hojas pueden llegar a admitir una cantidad de polvo que en la práctica no se consigue. Además de que la lluvia y el viento juegan un papel muy importante.

En época de foliación los pinos pueden retener un peso de polvo tres veces superior al de sus propias acículas, mientras que las hayas casi 8 veces más que su masa foliar antes que su poder filtrante sea saturado. En comparación con las zonas sin vegetación, son capaces de reducir el nivel de contaminación ambiental entre un 10 y un 20% (Dochinger, 1972, 1980). Sin embargo, hay que tener en cuenta que, dado que son perennifolias están más expuestas a sufrir el ataque de la contaminación que los árboles de hoja caduca.

El arbolado de alineación planteado densamente para formar una bóveda verde sobre la calle puede reducir la polución por partículas del 10 al 15% aunque según las observaciones de algún investigador esta disminución, en comparación con calles sin arbolado, puede llegar a un 75% (Robinette, 1972). De hecho, los árboles son capaces de quedarse casi un kilogramo de polvo al año, dependiendo de la especie (por ejemplo 0,82 Kg en el caso del arce y 1,14 Kg por parte del chopo).

### **Acción contra los gases contaminantes**

Asimismo es elevada la eliminación de gases contaminantes.

Aunque el azufre y el nitrógeno son dos elementos esenciales para las plantas y que ordinariamente se absorben disueltos en el agua por vía radicular, parece lógico pues, que puedan ser tomados también en sus formas gaseosas de dióxido de azufre o dióxido de nitrógeno.

Los contaminantes que se pueden transportar en el metabolismo orgánico vegetal ( $\text{SO}_2$ , óxidos de nitrógeno) deben ser menos fitotóxicos que los que existen principalmente en forma iónica (H o ClH). Se ha constatado que el nitrógeno procedente de  $\text{NO}_x$  se puede acumular en determinadas cantidades sin causar daños a las plantas, debido sin duda a la reducción del nitrógeno. En mayores cantidades, los óxidos de nitrógeno son tóxicos.

En este sentido, diversos autores han estudiado la utilización vegetal



Las zonas ajardinadas aparte de ayudar a la salud pública embellecen al entorno urbano. En primer término, geránios híbridos a partir de semilla F1 de Sluis&Groot.

de los contaminantes atmosféricos (Kamprath, 1972; Ross y Prince, 1972; Yamazoe, 1973; Thomas et al, 1974; Auclair, 1974; Bidwell y Beebe, 1974; Pahlich, 1975; Ziegler, 1976).

En lo que concierne al monóxido de carbono, se ha comprobado que existe una débil absorción para cuya dinámica se han sugerido dos procesos:

- Una reducción del CO para formar serina.
- Una oxidación a  $\text{CO}_2$  incorporándose en esta forma.

El CO se absorbe por las hojas de las plantas a razón de  $2,5 \times 10$  microgramos por  $\text{m}^2$  y hora, y por el suelo de tierra de los jardines a razón de  $2 \times 10$  microgramos por  $\text{m}^2$  y hora.

Los óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  también son absorbidos por las plantas y los suelos de tierra con unas cifras medias de  $2 \times 10$  microgramos por  $\text{m}^2$  y hora a través de las hojas y  $2 \times 10$  microgramos en el suelo.

Los PAN son también absorbidos

**L**as especies cuyo limbo foliar es más rugoso por poseer vellosidad o nerviaciones prominentes, son más hábiles para la captación de las partículas contaminantes del aire con menor tamaño, que parecen ser más perjudiciales para la salud humana.

**S**i al regar el árbol, se moja su follaje aumenta hasta 10 veces más la acción captadora de los contaminantes gaseosos. De otro lado, un adecuado programa de riegos al arbolado evitará situaciones de stress hídrico y que se cierren los estomas, con la lógica disminución del intercambio gaseoso que esto traería consigo.

**Cuadro 1:  
Contenido en gérmenes/m<sup>3</sup>  
en la atmósfera  
de varios lugares de París  
(Seigneur, 1976)**

Zona de grandes almacenes	4.000.000
Zona de grandes bulebares	575.000
Campos Elíseos	88.000
Parque Montsourís	1.000

por la vegetación exclusivamente, con una cifra media de 1,2x10 microgramos por m<sup>2</sup> y hora. Es fácilmente eliminado por el agua y es el responsable de la lluvia ácida.

El funcionamiento normal de las plantas se basa en el intercambio gaseoso entre el vegetal y el aire, y es lógico pensar que ciertos contaminantes gaseosos puedan penetrar en las hojas, lo cual de hecho hacen y afectan al nivel de polución, disminuyéndolo. En un bosque el contenido en SO<sub>2</sub> es menor del 70% del existente en una zona industrial cercana.

La absorción de SO<sub>2</sub> se ha estudiado en profundidad (Ziegler, 1976) y se ha constatado que el azufre puede penetrar por vía foliar en la planta y ser objetos de cambios químicos. Los otros contaminantes tienen mucha menor posibilidad de entrada por la hoja, sea por su menor proporción en la atmósfera, o sea porque no participan en absoluto en el metabolismo vegetal (el flúor sólo existe en cantidades infinitesimales en las plantas sanas).

El SO<sub>2</sub> penetra en el interior de las hojas a través de los estomas llegan-

do al mesófilo y reaccionando con el agua celular, generándose ácido sulfuroso; proceso que está a menudo influenciado por el pH celular.

pH > 2    pH > 7

SO<sub>3</sub>H<sub>2</sub> <—> SO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> <—> SO<sub>3</sub><sup>=</sup>

Parece que el poder tampón del citoplasma es tan elevado que la acidez de los ácidos sulfuroso y sulfúrico que se forman no influye en el pH ni en daños por la hoja.

No obstante, si la exposición a una alta concentración de SO<sub>2</sub> es demasiado duradera, puede darse toxicidad en hojas.

El SO<sub>2</sub> resulta absorbido por la vegetación y sobre todo por el suelo de tierra, con unas cifras medias de 5x10 microgramos por m<sup>2</sup> y hora a través de las hojas y 1,2x10 microgramos por m<sup>2</sup> y hora en el suelo de tierra.

En este sentido, sabiendo que en zonas fuertemente contaminadas el contenido de S de las hojas puede llegar a 3,6 g por Kg de peso seco, y que el contenido normal de S es de unos 1,7 g/Kg, y estimando que un bosque tiene 10 Tm de hojas por Ha, se infiere que este bosque puede captar por sus hojas 20 Kg/Ha/año. Así,

# GIRO®

## MALLAS PARA

- EMBALAJE
- SOMBREO
- PEDRISCO
- ACONDICIONADO DE BALAS CILINDRICAS DE FORRAJE
- PALETIZADO
- PROTECCION
- ENTUTORADO
- CEPELLONES

**GIRO Hnos, S.A.**

JAUME RIBÓ, 44-58  
APTAT. DE CORREUS, n.º 15  
08911 BADALONA

TELEFONO (93) 384 10 11\*  
TELEX 59527 GIMA-E  
TELEFAX (93) 384 27 69

R.S.I. N.º 39.4329 CAT  
49.00980/B

se estima que un bosque de unas 5.000 Ha podría captar hasta 200 Tm de SO<sub>2</sub> por año.

Se calcula que una zona verde de 500 m de anchura reduce un 70% de SO<sub>2</sub> y un 67% de NO<sub>x</sub> en zonas industriales de la Unión Soviética.

Garrec et al, 1976, han cuantificado que 1 Ha de bosque podría acumular con un mínimo de fitotoxicidad 1,5 Kg de flúor por año.

Por contra, los gases como el FH, que no pueden ser metabolizados por los vegetales, se convierten en tóxicos a concentraciones bastante bajas.

Existen dos aspectos del cuidado de los árboles de las zonas verdes que tienen mucho que ver con su acción anti-polución. Por una parte, si al regar el árbol, se moja su follaje aumenta hasta 10 veces más la acción captadora de los contaminantes gaseosos.

De otro lado, un adecuado programa de riesgos al arbolado evitará situaciones de stress hídrico y por ende, que se cierren los estomas, con la lógica disminución del intercambio gaseoso que esto traería consigo.

#### Acción germicida de los vegeta-

#### les

Asimismo, existen otros efectos benéficos del arbolado sobre la salud pública de la ciudad. El aire que respiramos está siempre más o menos cargado de microorganismos, unos saprofitos y otros patógenos (German, 1963). En París se han cuantificado 3.000-15.000 gérmenes/m<sup>3</sup> entre los que se encontraban hasta 500-600 gérmenes/m<sup>3</sup> de *Sthaphylococcus* patógenos.

Se ha comprobado que existe correlación entre la disminución de gérmenes presentes en la atmósfera y el aumento del número de árboles (Seigneur, 1976). La razón estriba en la presencia de una serie de compuestos que son producidos por las plantas, llamados fitoncidas, que tienen una acción claramente antibiótica. (Osborn, 1943; Michel, 1975).

Las cifras del cuadro 1 muestran claramente la correlación que existe entre la disminución del número de gérmenes en la atmósfera y el aumento en la población de árboles. (Cuadro 1).

Actualmente existen numerosísimos estudios correspondientes a las infecciones bacterianas par vía acu-

**Cuadro 2:**  
**Actividad fungistática de la β thuyaplicina (Vaartaja, 1961).**  
**(CMI: concentración mínima inhibitoria)**

ESPACIO	CMI (microg / ml)
<i>Rhizopus stolonifer</i>	20
<i>Trichoderma viride</i>	100
<i>Fusarium solani</i>	100
<i>Rhizoctonia solani</i>	20
<i>Streptomyces sp</i>	4
<i>Pythium debaryanum</i>	20
<i>Phytophthora cactorum</i>	20
<i>Thielaviopsis basicola</i>	4
<i>Mucor ramanianus</i>	20
<i>Russula sp</i>	4



## BREETVELT, S.A.

Cía. Hispano - Holandesa de Importación y Exportación

Gladiolos Blindados **BSA**  
Lilium **Laan Lelie B.V.**  
Iris **W. Moolenaar & Zonen B.V.**  
Alstroemerias **Konst B.V.**  
Gerberas **Terra Nigra B.V.**  
Rosales **Select Roses B.V.**  
Plantel Ornamental **M. Van Veen B.V.**  
Chrysanthemos **STT**  
Paniculata, Limonium,  
Asparagus y Ruscus  
Cultivos alternativos **P. Van Reeuwik**  
Esquejes de Clavel **Stek Ibérica, S.A.**

SIM, MINIS, MEDITERRANEOS

Desde 1957 al servicio de la Floricultura Española

**BREETVELT, S.A.** Isaac Albeniz, 9. 08391 TIANA (Barcelona). Telf.: (93) 395 10 96. Fax: (93) 395 44 07

**U**na superficie foliar de 25 m<sup>2</sup> emite en un día soleado tanto oxígeno como el que necesita un hombre en el mismo período. Ahora bien, dado que la persona respira también por la noche y en invierno, se necesitan al menos 150 m<sup>2</sup> de superficie foliar en orden a cubrir las necesidades en oxígeno durante un año.

sa, pero son muy pocos los esfuerzos destinados a la epidemiología atmosférica.

La aerobiología incluye el estudio de los virus, bacterias, quistes de protozoarios, esporas de hongos y de líquenes, pequeñas algas, esporas y polen de plantas que se encuentran en la atmósfera en un momento dado. En efecto, el aire que respiramos está siempre más o menos cargado de microorganismos saprófitos y patógenos.

La flora saprofítica de base está constituida por gérmenes como *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. megatherium*, *B. mesentericus*, *B. aerosporus*, además de *Micrococcus*, *Sarcina* y otros.

Pero también pueden encontrarse de forma accidental otros gérmenes que proceden del hombre y en particular de las vías respiratorias superiores: stafilococos, streptococos, pneumococos, meningococos, pneumobacilos, bacilos diftéricos, virus de la gripe, etc, y en algunos casos particulares *Pasteurella pestis* (bacilo de la peste), *Pasteurella tularensis* y *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de la tuberculosis). Asimismo pueden encontrarse bacterias que viven en el intestino, como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Streptococcus faecalis*, *Welchia perfringens*, etc.

Esta forma microbiana accidental y patógena no se suele encontrar nada

**Cuadro 3:**  
**Actividad bacteriostática de la  $\beta$  thuyaplicina (Trust y Coombs, 1973)**  
**(CMI: concentración mínima inhibitoria)**

ESPECIE GRAM <sup>-</sup>	CMI (microg/ml)
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633 (esporas)	31,3
<i>Corynebacterium striatum</i>	31,3
<i>Clostridium sporogenes</i>	62,5
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	125
<i>Micrococcus lysodeikticus</i> ATCC 4698	15,6
<i>Mycobacterium fortuitum</i> ATCC 927	7,8
<i>Pediococcus cerevisiae</i> ATCC 8081	250
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	62,5
ESPECIE GRAM <sup>+</sup>	CMI (microg/ml)
<i>Aeromonas hydrophyla</i> ATCC 9071	15,6
<i>Aeromonas salmonicida</i>	7,8
<i>Arthrobacter globiformis</i> ATCC 8010	31,3
<i>Azotobacter chroococcus</i>	31,3
<i>Chondrococcus columnaris</i> ATCC 23463	31,3
<i>Chromobacter violaceum</i> ATCC 12472	7,8
<i>Cytophaga psychrophila</i>	7,8
<i>Escherichia coli</i> ATCC 9661	31,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	>250
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	31,3
<i>Salmonella typhi</i>	31,3
<i>Serratia marcescens</i>	>250
<i>Shigella sonnei</i>	31,3
<i>Vibrio anquillarum</i>	31,3

**Plásticos ODENA**  
División Horticultura

ESPECIALIDAD EN MACETAS Y CONTENEDORES DE PLASTICO

Polígono Industrial Torrent d'en Ramassà, nau 21  
Tel: (93) 849 67 05 - 849 68 55 - Fax: (93) 849 68 11  
P.O. Box: 131 (08400 Granollers)  
08520 LES FRANQUESES DEL VALLES (Barcelona)

más que en las cercanías de personas portadoras o lugares con gran inóculo ya que la mayoría de estos virus o bacterias sucumben rápidamente en el medio exterior.

Los microorganismos que se pueden encontrar en el aire están absorbidos en las partículas de polvo y en las gotas de agua.

Según Maissonnet y Bocquet (1970) la vegetación y en especial las formaciones boscosas pueden considerarse como verdaderos filtros en cuanto a la polución microbiana se refiere.

Las propiedades medicinales de las plantas se conocen desde la más alta antigüedad pero su estudio sistemático es relativamente reciente. Ya Pasteur y Roux sugirieron la existencia de antagonismos entre plantas y microorganismos y tras los trabajos de Fleming se llegó a definir el término antibiótico. No obstante antes de esa época, Tokin, desde 1929 había acuñado el término fitoncida para designar las sustancias producidas por los vegetales superiores y que fueran activas contra microorganismos. Son clásicos e importantes los trabajos de Osborn de 1943. Pero en 1974, Kurylowicz señaló que la mayor parte de los antibióticos están sintetizados por microorganismos y el 14% de los 2.500 antibióticos conocidos a la sazón estaban producidos por vegetales superiores.

Por tanto, los términos fitoncidas y antibióticos son sinónimos según la definición de Glasby en la Enciclopedia de los Antibióticos. (1976).

Las líneas de investigación actuales en este terreno van dirigidas a hacer un inventario de las plantas que producen sustancias antimicrobianas del medio ambiente, identificación y caracterización química y la acción del medio ambiente sobre la producción de sustancias antimicrobianas.

Las plantas contienen una gran cantidad de sustancias llamadas «metabolitos secundarios» (Weinberg, 1970) y que agrupan a glucósidos, saponinas, taninos, alcaloides, aceites esenciales, etc., de los cuales muchos están descritos en la literatura pero su papel en el metabolismo vegetal no se ha explicado nunca de una forma del todo satisfactoria.

Si repasamos las listas de compuestos químicos que constituyen los metabolitos secundarios y los superpo-

nemos sobre las listas de antibióticos producidos por los microorganismos veremos que existen coincidencias, como en el caso de las *Thuyaplicinas*, cuadro 2 (extraídas de la *Thuya plicata* o de las *nootkatina*, presente en *Chamaecyparis nootkatensis*) a las que se señalan como impedimento a la acción de las bacterias en la podredumbre de las coníferas.

Asimismo se han descrito las tropolonas (con acción anticriptogámica), los terpenos (con efecto bacteriostático) y sus derivados oxigenados que a menudo forman parte de los aceites esenciales, las oleo-resinas, etc.

También se reconocen propiedades antimicrobianas a las flavonoides, productos que se extraen de una serie de especies vegetales (brotes de chopo, por ejemplo).

Los fitoncidas son productos complejos formados por combinaciones de glucósidos, ácidos, cetonas, aldehídos, etc., y parece que muchos de ellos son productos efímeros que se forman cuando las plantas sufren algún daño. Algunos se descomponen con rapidez en contacto con el oxígeno. (Cuadro 2 y 3).

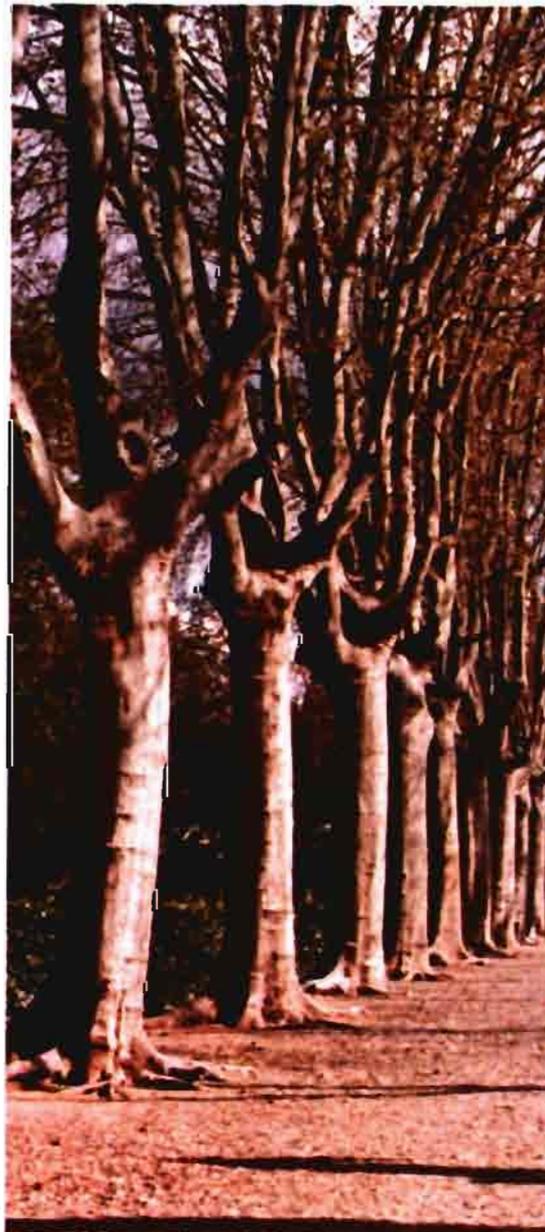
Después de estudiar la bibliografía al respecto resulta muy difícil establecer con precisión los factores que dan lugar a la producción de estas sustancias naturales. No obstante podemos establecer la importancia de algún factor (Michel, 1975).

De las especies de plantas superiores estudiadas por Ferenczy et al (1972), 35% fueron activas al menos para uno de los microorganismos ensayados, un 16,8% inhibieron selectivamente las bacterias Gram<sup>+</sup>, un 6,8% de las plantas testadas ejercieron una acción inhibitoria del crecimiento miceliano y el 10,2% de las plantas se mostraron activas contra los fagos.

Entre las especies leñosas, las coníferas son las más activas. Prjashnikov (1968) ha estudiado la capacidad filtrante de pantallas forestales. En la parte baja del arbolado detectó 2-3 veces menos microbios que en las mismas condiciones en una superficie no cubierta de bosque. En los lugares donde predominaba el cedro de Siberia había muy pocos microorganismos (700 gérmenes/m<sup>3</sup> de aire). Entre las frondosas, muchas especies producen sustancias antibióticas: arce, chopo, haya, roble, encina, castaño, nogal y abedul. Da-

**L**a vegetación y en especial las formaciones boscosas pueden considerarse como verdaderos filtros en cuanto a la polución microbiana se refiere.

El arbolado con gran diámetro de copa asimilará mayor cantidad de CO<sub>2</sub>. Se sabe que la absorción de 2.400 g de CO<sub>2</sub>/h corresponde a la renovación de 5.000 m<sup>3</sup> de aire.



**Cuadro 4:**  
**Producción de oxígeno en las masas forestales (De Brunig, 1971)**

Formación vegetal	Superficie Ha x 10 <sup>6</sup>	O <sub>2</sub> desprendido T/Ha
<b>TROPICAL</b>		
Fresca con hojas perennes	550	28
Húmeda con hojas caducas	750	22
Seca con hojas caducas	700	9
Seca de tipo espinoso	50	4
Semidesértico	>100	+
<b>CALIDO</b>		
Bosque de varias especies caducifolias	130	38
Bosque de varias especies perennifolias	50	8
Bosque de esclerofitas	180	7
<b>FRIO</b>		
Bosque fresco de varias especies persistentes	20	26
Bosque fresco de varias especies caducifolias	220	13
Bosque seco de esclerofitas	10	8



Las coníferas, por ser árboles de hoja perenne, cumplen mejor a lo largo del año la función de filtrantes de partículas contaminantes que los de hoja caduca, permitiendo un mejor asentamiento de éstas en sus acículas.

**L**a atmósfera es un medio poco favorable para la supervivencia de los microbios, y los factores medioambientales como la temperatura, las radiaciones y la humedad, influyen en la supervivencia de los microorganismos.

do los pocos estudios llevados a cabo sobre esta materia es de esperar que se encuentren numerosísimos productos antibióticos y cuantiosas especies activas entre las 200.000 especies de flora mundial.

Los fitoncidas, consideradas como metabolitos secundarios están a expensas de numerosos factores externos que ejercen su influencia sobre la fisiología de la planta: temperatura, iluminación, estación del año, estado fenológico y poluciones diversas.

Las cantidades de sustancias volátiles producidas por la vegetación son considerables: una hectárea de frondosas da lugar a unos 2 Kg de materias volátiles en 24 horas mientras que una de resinosas aporta 5 Kg.

La actividad fitoncida de un macizo forestal depende en gran parte de la importancia de la biomasa verde. Se han ensayado diversas combinaciones de especies para lograr un efecto fitoncida mayor (Protopov, 1967).

Tokin (1963) y otros grupos de in-

vestigadores rusos están estudiando una gran cantidad de antibióticos preparados a partir de los fitoncidas producidos por las plantas superiores:

- Producción de la gordetsina a partir de fitoncidas originados en la germinación de la cebada. La gordetsina posee un gran espectro de acción antimicrobiana contra las bacterias Gram<sup>+</sup> y Gram<sup>-</sup>, los hongos y los actinomicetos.

- Preparación a partir de *Pelargonium*, con una actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* a la disolución de 1/120.000.

- La luteturina frena el crecimiento de *Staphylococcus* y *Streptococcus* sp a disolución de 1/2.000.000.

- A partir de *Hypericum calycinum* se aislan dos antibióticos: la «imanina» y la «novoimanina», que poseen una actividad antimicrobiana elevada. En la URSS la imanina es un medicamento reconocido por la Sanidad Pública para una serie de enfermedades. La novoimanina tiene una actividad bacteriostática contra las

Gram<sup>+</sup>.

La atmósfera es un medio poco favorable para la supervivencia de los microbios, y los mediambientales como la temperatura, las radiaciones y la humedad, influyen en la supervivencia de los microorganismos.

En primer lugar, los microbios son muy sensibles a las alteraciones de humedad relativa y en concreto, las investigaciones más recientes parecen indicar que los valores medianos de humedad relativa son de los más tóxicos. La higrometría influye también en la respuesta microbiana debida tanto a los efectos del oxígeno como a las radiaciones solares o como a los rayos ultravioletas o los rayos X. Las concentraciones de oxígeno que se encuentran en el medio ambiente son también tóxicos para los microbios atmosféricos, no obstante, los niveles elevados de humedad relativa protegen a los microorganismos contra los efectos nocivos del oxígeno, las diferentes radiaciones (solares y ultravioletas) y los rayos X.

Los diferentes contaminantes pueden alterar de forma muy variada las ca-

racterísticas de los microorganismos y su actividad. También hay que tener en cuenta que en el caso de una atmósfera contaminada los distintos contaminantes juegan un papel claro a nivel de las interacciones entre los organismos vivos (fagos-bacterias-plantas-animales).

Los estudios hechos a fin de conocer la acción y la polución atmosférica a nivel de las interacciones microorganismos-animal respecto a las enfermedades de las vías respiratorias han dado como conclusión que el sistema respiratorio posee numerosos mecanismos de defensa a fin de prevenir o retardar las infecciones y que la inhibición de uno solo de estos mecanismos de defensa pueden aumentar la susceptibilidad de un animal a una infección (Babich y Stotzky, 1973). Así pues, un animal puede desarrollar una enfermedad aunque la acción de los contaminantes sea nociva para el germen patógeno. (Por ejemplo el virus de la gripe es muy sensible al dióxido de azufre).

Si el bosque está a una cierta distancia del centro de la ciudad, no va

**S**i el bosque está a una cierta distancia del centro de la ciudad, no va a jugar un papel decisivo en la purificación del aire urbano pero constituirá un reducto de atmósfera limpia de contaminantes y casi desprovista de microorganismos.

**DIVISION RIEGO**

**Sabater**

**fog-system**

Poligono Industrial « El Cros »  
 Argentona (Barcelona)  
 Tels. 93 / 798 21 95 - 798 61 60  
 Correspondencia: Pl. Tereses, 33  
 08302 Mataró (Barcelona)  
 Oficina: Telex (internacional) 52707 - 50948

■ Fog STER-BAUMAC importado de E.E.U.U. ■ Unidades de fertirrigación y automatización VAN VLIET ■ Nuevos modelos de carros de riego ■ Accesorios para el riego STER ■ Depósitos de agua.

a jugar un papel decisivo en la purificación del aire urbano pero constituirá un reducto de atmósfera limpia de contaminantes y casi desprovista de microorganismos.

### Balance de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> en las zonas verdes

Un metro de superficie de hojas asimila 1,5 gr de anhídrido carbónico por hoja, por lo que con 30-40 ml de superficie foliar suministraría el oxígeno que necesita un hombre, pe-

ro como hay que contar con el invierno, donde hay menos horas de asimilación, y con las horas nocturnas, hace falta 150-160 m<sup>2</sup> de hojas.

Como ejemplo ilustrativo de la acción potencial del arbolado conviene saber que un haya de 80-100 años de edad con una copa de 15 m de diámetro y una altura total de 25 m cubre 160 m<sup>2</sup>. La superficie foliar de 1.600 m<sup>2</sup> y absorbe 2.400 gr de CO<sub>2</sub> por hora, lo que corresponde a un volumen de 5.000 m<sup>3</sup> de aire, sabido que la concentración del CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de 300 ppm.

Este haya absorbe 6.000 calorías por día para asimilar el CO<sub>2</sub> y eliminar oxígeno en la fotosíntesis.

Existe una correlación entre altura y área foliar debida a Ovington y Olsson:

$$y = -16,45 + 0,056x$$

Una hectárea de hayas fijas 4.800 Kg de carbono con sus 30 Tm de hojas. El haya del ejemplo tiene 15 m<sup>3</sup> de materia seca. Para formar 1 Kg de materia seca un árbol consume 1,83 Kg de CO<sub>2</sub> y libera 1,32 Kg de O<sub>2</sub>. (Brunig 1971). Dado que la materia seca pesa 800 Kg/m<sup>3</sup>, serán unos 12.000 Kg en total. Sabido que la mitad de esta materia seca es carbono, habrá 600 Kg de carbono, que equivalen a 40x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de aire. Por tanto, un árbol joven de 150 m<sup>2</sup> de superficie foliar, equivaldría a la respiración de un hombre, y un árbol ya adulto podría proporcionar el oxígeno que respiran 10 hombres.

Un haya de 80-100 años de edad, con una copa de 15 m de diámetro y con una altura de 25 m consume anualmente el CO<sub>2</sub> del aire correspondiente a 800 hombres o de 2 hombres por día, descontaminando por tanto la atmósfera.

Una superficie foliar de 25 m<sup>2</sup> emite en un día soleado tanto oxígeno como el que necesita un hombre en el mismo período. Ahora bien, dado que la persona respira también por la noche y en invierno, se necesita al menos 150 m<sup>2</sup> de superficie foliar en orden a cubrir las necesidades en oxígeno durante un año. (Cuadro 4).

Un hombre consume el oxígeno equivalente a la producción bruta de 20 abetos. Los 100.000 habitantes de una ciudad consumen, pues, el oxígeno producido por 3.000 Ha de coníferas.

Para disipar la isla de calor hace falta vientos de 7-5 m/seg en ciuda-

# FERTSUL

## SULFATO POTASICO

### SOLUBLE

RIQUEZA  
52% K<sub>2</sub>O  
45% SO<sub>3</sub> (18% S)



## FERTILIZANTE SOLUBLE DE ALTA CONCENTRACION EN POTASIO

PARA APLICACION A TRAVES DEL SISTEMA DE RIEGO,  
PULVERIZACION FOLIAR O DIRECTAMENTE AL SUELO

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA ESPAÑA

**EDEFI**

Española de Desarrollo Financiero, S.A.

Sagasta, 30  
Tel. 91/447 74 54  
Fax: 91/445 41 60  
Telex. 27444  
28004 MADRID

des de 50.000 habitantes, de 4-7 m/seg en ciudades de 100.000 habitantes, de 8 m/seg en urbes de 400.000 habitantes y de 12 m/seg en ciudades de 8 millones de habitantes (Salvador, 1990).

### Toxicidad de los contaminantes atmosféricos en las plantas

Los efectos de la atmósfera urbana en los vegetales se producen de forma clara y grave. La primera observación al respecto data de 1866, cuando Nylander observó la falta de líquenes en el Jardín de Luxemburgo de París, lo que ha sido posteriormente confirmado en muchas otras ciudades.

Existen listados que especifican el grado de sensibilidad de las diferentes especies ornamentales, en base a los cuales se eligen las más resistentes para formar parte de zonas verdes sometidas a polución. (Cuadro 5).

Los contaminantes oxidantes (O<sub>3</sub>, PAN y NO<sub>2</sub>) aparentemente causan la oxidación de los constituyentes del plasmalema y de esa forma alteran su permeabilidad, lo que causa tasas anormales en el transporte de agua e iones tanto de entrada como de salida de las células. Existe una evidencia de que se altera la permeabilidad; a menudo se observa hiperhidrosis celular tras la exposición de la planta a la polución. Esta intumescencia se debe a la acumulación de agua en los espacios intercelulares. Las alteraciones bioquímicas a causa de los contaminantes dan lugar a daños en las hojas si no se forman rápidas decisiones. El primero de los efectos que se causan por polución y que empieza a detectarse a los pocos minutos es un cambio en la apertura estomática, más corrientemente

**Un libro de Dietrich Kusche y Marek Siewniak, traducido por Rainer H. Gruber**

### «Técnica arbórea actual»

Los autores dirigen este libro a los «interesados por los árboles». La finalidad de la técnica arbórea es de conservar o procurar un patrimonio arbóreo sano, especialmente bajo difíciles condiciones (ciudades, parques, jardines, etc.).

La temática del libro se divide en 14 partes: el árbol «sano», el árbol enfermo, causas abióticas de enfermedades, factores patógenos bióticos, mejora de las condiciones de vida, tratamiento de raíces, poda, cirugía arbórea, ayudas estáticas (mecánicas), el médico arbóreo como especialista, técnica de escalada -sujeción y trepa-, medios de técnica de trabajo, cuidado del patrimonio arbóreo y legislación. Además para aquellos que deseen ampliar sus conocimientos, en el anexo del mismo encontrarán bibliografía y publicaciones al respecto.

En cuanto a los autores, D. Kusche, es gerente de la empresa Kusche & Frotsscher Servicios Arbóreos de Berlín, y M. Siewniak es catedrático de la Universidad Agrícola de Varsovia en el Instituto pa-



ra el Diseño de Espacios Verdes y desde 1985 Director de la Sección de Dendrología Aplicada en el Instituto para Monumentos en Jardines.

El libro consta de 277 páginas y está ilustrado con numerosos dibujos y esquemas explicativos. Para más información dirigirse a; Proflor Ibérica, Apdo. 710 - 39080 Santander.

en forma de cierre de estomas y de forma menos frecuente la apertura de estos, ocasionándose en suma una distorsión en el normal proceso fotosintético (Tibbitts y Krobringer, 1983).

En los últimos años varios grupos de investigadores se encuentran estu-

diando diversas medidas para lograr evitar daños en las plantas por la contaminación (aspectos relacionados con la nutrición vegetal, prácticas culturales, productos químicos protectores y mejora genética (Kender y Forsline, 1983). (Cuadro 5).



### Literatura citada

- |                                                                                                                                                                         |                                                                                        |                                                                                                                                                 |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Auclair, D. 1974. La fixation photosynthetique de l'oxide de carbone. Etude bibliographique. Document interne. INRA. Laboratoire de chimie biologique. Grignon. 16.p. | views in enviromental control. 353-421.                                                | Bot. 52 (8) 1841-1847.                                                                                                                          | pollutants? Proc. Int. shade trees conf. 48, 45-48.                                                   |
| - Babich, H. y G. Stotzky, 1974. Air pollution and microbial ecology. Critical re-                                                                                      | - Bernatzky, A. 1970. Clumatic influence of greens and city planning. Anthos. 1, p. 23 | - Brunig, E.F. 1971. Die Sauerstoffreferung aus den waldern der Erde und ihre Bedeutung für die Reinenhaltung der luft. Forstarchiv. 42, 21-23. | - Dochinger, 1980. Interception of airborne particles by tree planting. J. Environ. Qual. 9, 265-268. |
|                                                                                                                                                                         | - Bidwell, R.G.S. y G.P. Beebe, 1974. Carbon monoxide fixation by plants. Can. J.      | - Dochinger, 1972. Can trees cleanse the air of particulate                                                                                     | - Ferency, L., S. Zsolt y S. Lantosm, 1972. Screening for antibacterial, antifungal                   |