

ÁRBOLES URBANOS

Ernesto Fernández Sanmartín, Numerario de la Academia Malagueña de Ciencias

Los árboles urbanos realizan funciones importantísimas, algunas de las cuales son evidentes y otras desconocidas, principalmente porque nuestros sentidos no son capaces de percibirlos. Tomaremos como referencia una gran calle arbolada como la Alameda de Málaga (cualquiera puede imaginar un ejemplo parecido en otra ciudad) en la que hay 45 ficus, de ellos 22 grandes (más de cien años de edad, perímetro mayor de 2 m), 14 medianos (más de 20 años, perímetro alrededor de 1 m) y 9 pequeños (menos de 10 años, perímetro 50 cm). Son de origen asiático, de la Familia Moráceas (como las moreras y la higuera), su nombre científico es *Ficus microcarpa*, por sus pequeños frutitos (higuitos). ¿Qué hacen allí esos ficus? ¿Qué pasaría si desaparecieran? Analicemos sus funciones y probablemente cuando pasemos por la Alameda los veremos con otros ojos (Fig. 1).



Figura 1. *Ficus microcarpa* en la Alameda de Málaga.

Podemos clasificar las funciones de los árboles en las ciudades en seis apartados:

1. Ornamentales.
2. Climáticas.
3. Ambientales.
 - a. Reducción de CO₂.
 - b. Aumento de O₂.
 - c. Fijación de contaminantes.
 - d. Partículas de polvo.

- e. Gérmenes.
- f. Acústicas.
4. Asiento de animales.
5. Educativas.
6. Históricas.

1. FUNCIONES ORNAMENTALES

Son evidentes: troncos, copas, frutos, hojas, etc., producen contrastes estéticamente bellos. Por supuesto que no es igual de bella cualquier alineación arbórea y es falso lo de que se dice: "sobre gustos no hay nada escrito", podemos mencionar al respecto los escritos sobre Estética de: Hegel, Kant, D'Ors, Ortega y Gasset, Eco, Croce, Platón, etc.

Aunque la belleza sea difícilmente cuantificable, todos tenemos la experiencia de una alineación arbórea más bonita que otra, por las hojas, las copas, los tamaños en relación con la acera, por la floración, la combinación alternante de varios árboles... Ya León Battista Alberti definía la belleza como: *un concierto de todas las partes, acomodadas conjuntamente en proporción y armonía al lugar donde se encuentran, de tal manera que no se pueda añadir, reducir o cambiar cosa alguna sin perjuicio.*

2. FUNCIONES CLIMÁTICAS

Si en el apartado anterior se ha dicho que las funciones ornamentales son evidentes y casi siempre las primeras funciones que se tienen en cuenta, aunque sean difícilmente cuantificables, las climáticas si son cuantificables y algunas no son evidentes.

En primer lugar los árboles nos dan sombra y la diferencia de temperatura con la zona soleada es de 12 a 20 % (dependiendo de la perpendicularidad de los rayos solares). Pensemos en cruzar la Alameda al mediodía si los ficus no estuviesen allí.

En segundo lugar (esto ya no es evidente) las hojas de los árboles impiden que los rayos solares alcancen los materiales pétreos de pavimentos y edificios que se calientan e irradian (radiación infrarroja) hasta un 90% de

la energía que reciben. Hay que tener en cuenta que el sol no calienta el aire sino que éste se calienta por el contacto con las superficies sólidas sobre las que han incidido los rayos solares y ese aire caliente, que pesa menos, se eleva dando origen a una corriente de convección.

En tercer lugar, (tampoco evidente) está el fenómeno de la evapotranspiración vegetal. Para que se evapore un gramo de agua se consume aproximadamente media kilocaloría. Se calcula que un árbol de buen porte evapora unos 450 litros de agua por día, es decir, consume más de 200.000 kilocalorías del aire circundante y por tanto baja la temperatura. Uno de los grandes ficus de la Alameda debe transpirar más de 2.000 litros diarios, un millón de kilocalorías que es la energía que consumen en un día unas 400 personas.

Los vegetales absorben agua por las raíces, agua que se va a utilizar en la fotosíntesis, pero para que el agua se eleve sin que existan bombas impulsoras sino mediante ósmosis y capilaridad, las plantas tienen que "perder" continuamente agua en las hojas transpirándola. De hecho más del 90% del agua absorbida en las raíces se "pierde" en la transpiración, pero al evaporarse consume energía calorífica que baja la temperatura en las calles arboladas y mucho más en los jardines y bosques.

Este tercer efecto, tan importante en el clima ciudadano, lo podemos sentir cuando salimos del baño y dejamos evaporar el agua que cubre nuestra piel, pues el mecanismo de termorregulación de nuestro organismo consiste en sudar y ese sudor al evaporarse consume calor que "roba" de nuestro cuerpo, bajando la temperatura corporal. El patio andaluz es una superficie de evaporación de agua, de las macetas principalmente, pero el efecto se aumenta si tenemos una fuente, una alberca o bien baldeando.

3. FUNCIONES AMBIENTALES

a) Reducción de la cantidad de CO₂. Las moléculas orgánicas que constituyen las células de todos los seres vivos (vegetales y animales) están compuestas de carbono con oxígeno e hidrógeno y para obtener energía de ellas hay que oxidarlas (lo que se llama respiración), quedando como residuo CO₂.

Éste se va acumulando en el aire y el proceso biológico que lo consume es la fotosíntesis en la que se utiliza como materia prima principal precisamente el CO₂. Cuando comemos, por ejemplo patatas fritas, es decir almidón, el carbono oxidado (para obtener nuestra energía) sale por los pulmones en forma de CO₂ (el aire inspirado lleva 0,03% y el espirado 4%; 3/4 de kilo de CO₂ al día).

Por tanto, la fotosíntesis reduce la proporción atmosférica de CO₂. Esta reducción contribuye a la lucha contra el cambio climático pues el CO₂ es el principal causante del efecto invernadero.

b) Aumento de O₂. Se ha dicho en el apartado anterior que todos los seres vivos (incluidos los vegetales) oxidan las moléculas orgánicas y por tanto hay un gasto continuo del oxígeno del aire (en nosotros: aire inspirado 21% de O₂; aire espirado 16%). Las raíces toman el oxígeno del aire que circula por el suelo, de ahí la importancia de labrar las tierras. El proceso biológico que "compensa" este gasto de oxígeno es la fotosíntesis puesto que en ella las moléculas orgánicas, que se componen de carbono y oxígeno (del CO₂ atmosférico y por eso podemos decir que las plantas "viven del aire") más hidrógeno que procede del agua (después de "romperla" mediante la energía solar), quedando como residuo el oxígeno de la molécula de agua (H₂O) que se expulsa a la atmósfera restaurando el nivel que había disminuido la respiración (oxidación) de animales y vegetales. Por eso decimos que las plantas oxigenan el aire.

c) Fijación de contaminantes. El dióxido de azufre (SO₂) procede de la combustión del carbón, leña, hidrocarburos, etc., pues todos esos productos llevan pequeñas cantidades de azufre (S) en su composición.

* El SO₂ pasa a SO₃ (con consumo de energía, de calor) y en presencia de agua (vapor de agua atmosférico) y mediante reacciones fotoquímicas (radiación ultravioleta solar) pasa a ácido sulfúrico SO₄H₂, responsable de la lluvia ácida y el llamado "smog", lo que hace disminuir el pH de los suelos. El dióxido de azufre amarillea el papel y tiene efectos más o menos graves, según su concentración, en las vías respiratorias.

Atmósfera limpia	Aire contaminado
0,001-0,01 ppm = 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,02 ppm y más = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ppm = partes por millón. μg = microgramos o millonésimas de gramo

El SO_2 penetra en las hojas por los estomas y reacciona con el agua de las células formando ácido sulfuroso (SO_3H_2), pero el efecto tampón o amortiguador del citoplasma celular es tan elevado que esa acidez (al menos en valores bajos) no daña los tejidos de las hojas. El SO_2 se absorbe en las hojas a razón de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ por hora. En zonas muy contaminadas, el contenido de azufre de las hojas puede llegar a 3,6 g por Kg de peso seco (lo normal es aproximadamente 1,7 g/Kg). Una zona verde de 500 m de ancho reduce en un 70% el SO_2 (cálculo en una fábrica rodeada de césped). Un aire contaminado con 100 μg de SO_2/m^3 quedaría limpio al atravesar un bosque de hayas de una hectárea. Cien hectáreas de césped absorben 120 Kg de SO_2 al día.

* El monóxido de carbono (CO) procede de la combustión incompleta o defectuosa de combustibles orgánicos (carbón, leña, hidrocarburos). En la hemoglobina de los glóbulos rojos sustituye al oxígeno (que se uniría al hierro, Fe) y la inutiliza. Es grave a concentraciones muy bajas. El aire limpio contiene menos de 1 ppm mientras que se considera que el aire está contaminado cuando contiene 5 o más ppm. La muerte se produce en una hora cuando el aire contiene 750 ppm. Cuanta más hemoglobina quede inutilizada (los glóbulos rojos viven unos 100 días) más tiempo se necesita para recuperarse de la intoxicación.

En las hojas se absorbe el monóxido de carbono a razón de 2.500 microgramos (μg) por metro cuadrado y hora.

* Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases formados por nitrógeno y oxígeno. Como gases contaminantes tienen importancia el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2); el término NO_x se aplica a la combinación de ambas sustancias. Ambos gases son frecuentes en la atmósfera urbana como resultado de la combustión de los motores. El NO_2 lo originan también muchos microorganismos del suelo ($\text{NO} + \text{O}$). La combinación del dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno dan origen a la lluvia ácida pues son precursores del ácido nítrico, NO_3H .

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se absorben en las hojas a razón de 2.000 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{hora}$.

Atmósfera limpia	Aire contaminado
Menos de 0,01 ppm = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Más de 0,01 ppm 0,05 ppm = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* Hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos. Se les suele llamar PAN (peroxi acil nitratos). Se forman a partir del metano, etano, butano, benceno, etileno ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$), tolueno ($\text{C}_6\text{-H-CH}_3$) y de la luz. Por ejemplo: $\text{CH}_3\text{-CO-O-O-NO}_2$ es un peroxi acil nitrato. En las hojas se absorben a razón de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{hora}$.

El ozono (O_3) es un oxidante fotoquímico que se forma en la atmósfera a partir de NO_2 y luz, originando NO más O; este O se une al O_2 para dar O_3 que ataca a las hojas a partir de 0,01 ppm.

d) Partículas. Todo el mundo ha visto alguna vez, cuando el sol pasa por una rendija en una habitación oscura, las partículas de polvo suspendidas en el aire. Se trata de granos de polen, esporas, gotas de niebla, humos, sólidos, etc., que tienen entre 5 y 200 micras (micra: millonésima parte de metro). En una calle con arbolado puede haber de 1.000 a 3.000 partículas de polvo por litro de aire. En una no arbolada de 10.000 a 12.000. Las partículas de polvo son interceptadas por las hojas (también por la corteza de ramas y troncos) y después sedimentan en el suelo, sobre todo con la lluvia (alguna vez habremos echado agua con un pulverizador sobre las hojas de "nuestro ficus de la terraza"). El promedio de interceptación en las hojas es de 4.000 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{hora}$. Los depósitos llegan a 280-1.000 kg/ha/año.

e) Gérmenes. El aire de las ciudades está más o menos cargado de microorganismos. Su tamaño es de alrededor de 5 μm . Los hay saprofitos como los bacilos (*Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. megatherium*, *B. mesentericus*, *B. aerosporus*, *Micrococcus sp.*, *Sarcina sp.*); otros son patógenos como *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Pneumococcus sp.*, *Meningococcus sp.*, algunos pneumobacilos, bacilos diftéricos, virus de la gripe, etc., y otros de las vías respiratorias y de procedencia humana. En algunos casos se detectan *Pasteurella pestis* y *Mycobacterium tuberculosis*, e incluso bacterias intestinales como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Streptococcus faecalis*,...

Muchos árboles producen sustancias que se llamaron fitoncidas y que hoy día denominamos antibióticos o sustancias antimicrobianas que actúan como filtros microbianos. Hay un estudio clásico, realizado por Seigneur en 1976, para calcular el número de gérmenes por metro cúbico en varios lugares de París en el que se muestra la correlación existente entre la disminución de gérmenes en la atmósfera y las zonas arboladas:

Zona	Gérmenes/m ³
Grandes almacenes	4.000.000
Grandes bulevares	575.000
Campos Elíseos	88.000
Parque de Montsouris	1.000
Bosque de Fontainebleau	50

f) **Acústicas.** La contaminación acústica en las ciudades se incrementa porque las superficies planas de pavimentos y edificios hacen de caja de resonancia de los ruidos. La OCDE recomienda que el nivel sonoro urbano no supere los 80 dB (decibelios). Por encima de esa cifra se produce fatiga auditiva, disminución de la percepción auditiva y daños psicofisiológicos.

Las pantallas arbóreas y de arbustos tienen su máxima eficacia en los jardines donde pueden suponer disminuciones de 5 a 20 dB, dependiendo de la densidad de ejemplares y de la anchura de la pantalla. Téngase en cuenta que una reducción de 10 dB origina una sensación de disminución del ruido del 50 %. Por otra parte, como árboles y arbustos tienen alcorques o arriates, ese suelo poroso absorbe ruido, sobre todo los sonidos graves (las frecuencias bajas).

Las alineaciones arbóreas permiten una disminución del ruido en las viviendas, a partir del primer piso. Las calles con edificios altos y sin árboles en las aceras tienen niveles sonoros cinco veces superiores. Una calle como la Avenida de Andalucía de Málaga (hay ejemplos parecidos en todas las ciudades) que tiene amplias aceras debería haberse proyectado con una pantalla vegetal (arbórea y arbustiva) densa y suficientemente ancha (al menos 3 m) para que los paseantes pudiesen deambular y conversar más agradablemente.

En este apartado hay que citar que gracias a los árboles hay dos efectos sonoros beneficiosos: el rumor del viento (que no ruido) al agitar las ramas y hojas y los cantos de los pájaros que frecuentan dichos árboles.

4. ASIENTO DE ANIMALES

En un árbol pueden vivir centenares de insectos, arácnidos, crustáceos como la cochinilla y anélidos como las lombrices en los alcorques, que serán comidos por aves insectívoras. Otras aves comerán los frutos o harán sus nidos, o se posarán y podremos oír su piar, sus cantos, sus revoloteos, percibiendo que la vida se despliega ante nosotros. En definitiva los árboles urbanos son lugares donde la biodiversidad existe en ciudades que erradican todo lo que sea vida a favor del cemento y los automóviles.

Incluso especies invasoras como la tórtola turca y las cotorras tienen un lugar en nuestros árboles urbanos.

Pero siempre habrá quien proteste de los frutos que manchan el suelo, las deyecciones de los pájaros o la ligamaza de semillas y pulgones. He llegado a oír la siguiente estupidez: *las flores de las jacarandas ensucian el suelo.*

5. EDUCATIVAS

Los árboles urbanos sirven como objetos de estudio botánico, geográfico, químico, etc. Esto es tan evidente que no necesita argumentación especial.

6. HISTÓRICAS

El crecimiento a lo largo de los años, la alternancia de estaciones en los de hoja caduca, las épocas de floración, la presencia durante toda nuestra vida de un árbol en una plaza, forma parte importante de nuestra historia personal y de la historia de la ciudad.

¿Cómo deberíamos elegir las especies que plantemos en nuestras ciudades para que las funciones descritas en los seis apartados anteriores puedan llevarse a cabo?

En el del Boletín de esta Academia se publicó un "Código de buenas prácticas en arboricultura urbana" cuyas líneas maestras

paso a describir (FERNÁNDEZ SANMARTÍN 2011). En primer lugar, el tamaño de la calle y de la acera determina la especie que podemos plantar (Figs. 2-7), pues si la que plantamos es

demasiado grande tendremos más tarde que reducir la copa para que no moleste en balcones y ventanas y en definitiva mutilaremos el árbol (Fig. 3).



Figura 2. Calle Ferrándiz, insuficiente para *Brachychiton discolor*.



Figura 3. Recorte de *Ficus microcarpa* por separación insuficiente de los árboles.



Figura 4. Calle Sancha de Lara, suficiente para naranjos.



Figura 5. *Ficus microcarpa* bien situado (Casita del jardinero)



Figura 6. *Ficus macrophylla* sin espacio suficiente.



Figura 7. Solución al problema anterior.

Hay que reiterar (*ad infinitum*) que los árboles ornamentales no se podan (Figs. 8-13), pues deben conservar su silueta natural característica y hay que plantarlos con sus ápices de crecimiento primarios y secundarios intactos. Sólo se cortarán las ramas secas y las

que puedan crecer en una dirección inadecuada y estas operaciones deben realizarse anualmente pues, cuánto más gruesa sea la rama, más difícil es que se forme posteriormente el tejido protector.



Figura 8. Plátano de sombra mal podado (Ávda. Pintor Sorolla).



Figura 9. Poda nefasta de parkinsonias (Edificio negro).



Figura 10. Plátano de sombra podado en "cabeza de gato" (San Sebastián).



Figura 11. Plátanos de sombra destrozados por las podas (Calle Miramar).



Figura 12. Contraste de siluetas entre un haya y catalpas.



Fig. 13. Bella silueta de jacaranda no podada.

A veces se hacen podas porque los árboles se han plantado muy cercanos (Fig. 3), otras porque el alcorque es muy pequeño (caso de los ejemplares de *Ficus microcarpa* del tramo de la Avenida de Andalucía a partir del Puente de las Américas). Por supuesto los alcorques deben ser suficientemente grandes y protegidos contra los automóviles Figs. 14-17).



Figura 14. Alcorques pequeños y excéntricos (*Ficus microcarpa*).



Figura 15. Alcorque insuficiente (*Ficus microcarpa*).



Figura 16. Alcorque adecuado (*Livistona chinensis*).



Figura 17. Alcorque adecuado (*Ficus microcarpa*).



Figura 18. Alcorque mal compartido entre *Ficus* y *Washingtonia*.



Figura 19. *Ficus rubiginosa* tapando un drago.



Figura 20. Mala solución para un ficus.



Figura 21. Mala situación para un pino.

Francia (país por otra parte con una excelente jardinería), que deja a los árboles caducos, en invierno, con una silueta detestable. También es demasiado corriente que se talen todas las ramas de árboles sanos en lugares en los que no estorban. Repito una vez más, hay que elegir el árbol para el emplazamiento adecuado de manera que no sea necesario podar.

En segundo lugar, hay que elegir especies que se adapten al clima de la ciudad. Hacer jardinería "contra el clima" es caro y en general abocado al fracaso. Con los árboles autóctonos sabemos que se hace "jardinería a favor del clima" y esta es una razón para utilizarlos siempre que se pueda. Pero hay árboles exóticos (alóctonos) de floraciones y portes tan bellos que sería absurdo prescindir de ellos. ¿Cómo sería el paisaje de Málaga sin ceibas, eritrinas, jacarandas, bauinias, aves del paraíso, araucarias, grevilleas, etc.? Eso sí, debemos conocer su desarrollo y necesidades de cultivo para que su mantenimiento sea posible. Casi el único factor que podemos modificar es la precipitación (mediante riego) que precisan algunas especies tropicales y subtropicales.

En tercer lugar, al plantar hay que hacer hoyos grandes y no olvidar que el desarrollo de las raíces es al menos del mismo volumen que el de la copa, por lo que las conducciones y tuberías subterráneas podrían afectar el crecimiento del sistema radicular. Debemos poner tutores que sujeten al árbol sin constreñirlo, regar si fuese necesario, abonar, realizar los tratamientos fitosanitarios precisos, impedir que los árboles soporten cables, anuncios y otros artilugios.

Como norma general al hacer un proyecto de arbolado urbano hay que pasearse la ciudad comprobando el desarrollo y estado vital de las especies que hayamos de elegir. Veremos

así el porte que adquieren con las diferentes edades, el contraste de sus copas, de sus flores o sus frutos, con los de las especies vecinas, lo adecuado de los alcorques y tutores, etc. Esto es conveniente si quien proyecta está versado en Botánica y Jardinería, pero es insoslayable para algunos ingenieros y arquitectos cuyos conocimientos pueden ser insuficientes. Platón hizo colocar un letrero en la Academia de Atenas que decía: *no entre aquí quien no sepa Geometría*. Podríamos decir que el que no sepa Botánica y Jardinería se abstenga de proyectar. En todo caso se puede preguntar y desde luego leer pues hay suficientes libros con información sobre crecimiento, tamaño, necesidades, etc., de los árboles.

El conocimiento del desarrollo de los árboles nos permitirá, en definitiva, plantar el árbol adecuado en cada calle, glorieta rotonda o jardín, desarrollándose armoniosamente, sin podas que lo deformen y con un gasto de mantenimiento mínimo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN K.W. 1986. *Poda de árboles ornamentales*. Madrid: CSIC, Real Jardín Botánico.
- FERNÁNDEZ SANMARTÍN E. 2011. Código de buenas prácticas en arboricultura urbana. *Bol. Acad. Malagueña Ciencias* 13: 105-107.
- GIL-ALBERT F. 2008. *Las podas de las especies arbóreas ornamentales*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa.
- MARTÍNEZ SARANDESES J., MEDINA MURO M. & HERRERO MOLINA MA. 1992. *Árboles en la ciudad. Fundamentos de una política ambiental basada en el arbolado urbano*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

- MICHAU E. 1987. *La poda de los árboles ornamentales*. Madrid: Ed. Mundi-Prensa.
- NAVÉS VIÑAS F., PUJOL SOLANICH J., ARGIMON DE VILARDAGA X. & SAMPERE MONTILLÓL L. 1992. *El árbol en jardinería y paisajismo*. Barcelona: Ed. Omega.
- SAIZ DE OMEÑACA J.A. & PRIETO RODRÍGUEZ A. 2004. *Arboricultura urbana*. Cedex, Ministerio de Fomento.
- SALVO E. & GARCÍA VERDUGO J.C. 1993. *Naturaleza urbanizada. Estudios sobre el verde en la ciudad*. Málaga: Universidad de Málaga.
- SANZ SÁ J.M. 1990. *El ruido*. MOPT.
- SANZ SÁ J.M. 1991. *La contaminación atmosférica*. MOPT.
- SEIGNEUR M. 1976. *L'atmosphère urbaine*. París: Ec. Nat. Pont et chaussées.
- SUKOPP H. & WERNER P. 1991. *Naturaleza en las ciudades: Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas*. MOPT.
- STOCKER S.H. & SEAGER S.L. 1981. *Química ambiental. Contaminación del aire y del agua*. Barcelona: Ed. Blume.