

12



AVANCES EN XEROJARDINERIA

Coordinado por:
SILVIA BURÉS

Julio, 2000

Coordinado por:
Silvia Burés

Diseño gráfico de la colección
COMPENDIOS DE HORTICULTURA:
Carácter Gráfico, S.L.

Papel estucado tipo Presscol
Cubiertas en cartulina
gráfica MC de 400 gr/m
Sarrió Papel, S.A.

Fotocomposición, compaginación
y realización:
Caracter Gráfico, S.L.

Fotomecánica:
Foto&Croms, Tarragona

Imprenta:
Litoclub, Barcelona

Encuadernación:
Fontanet, Lleida

All right reserved

Co-edición

© 2000, Junta de Andalucía.

Consejería de Agricultura y Pesca.

EDICIONES DE HORTICULTURA, S.L.

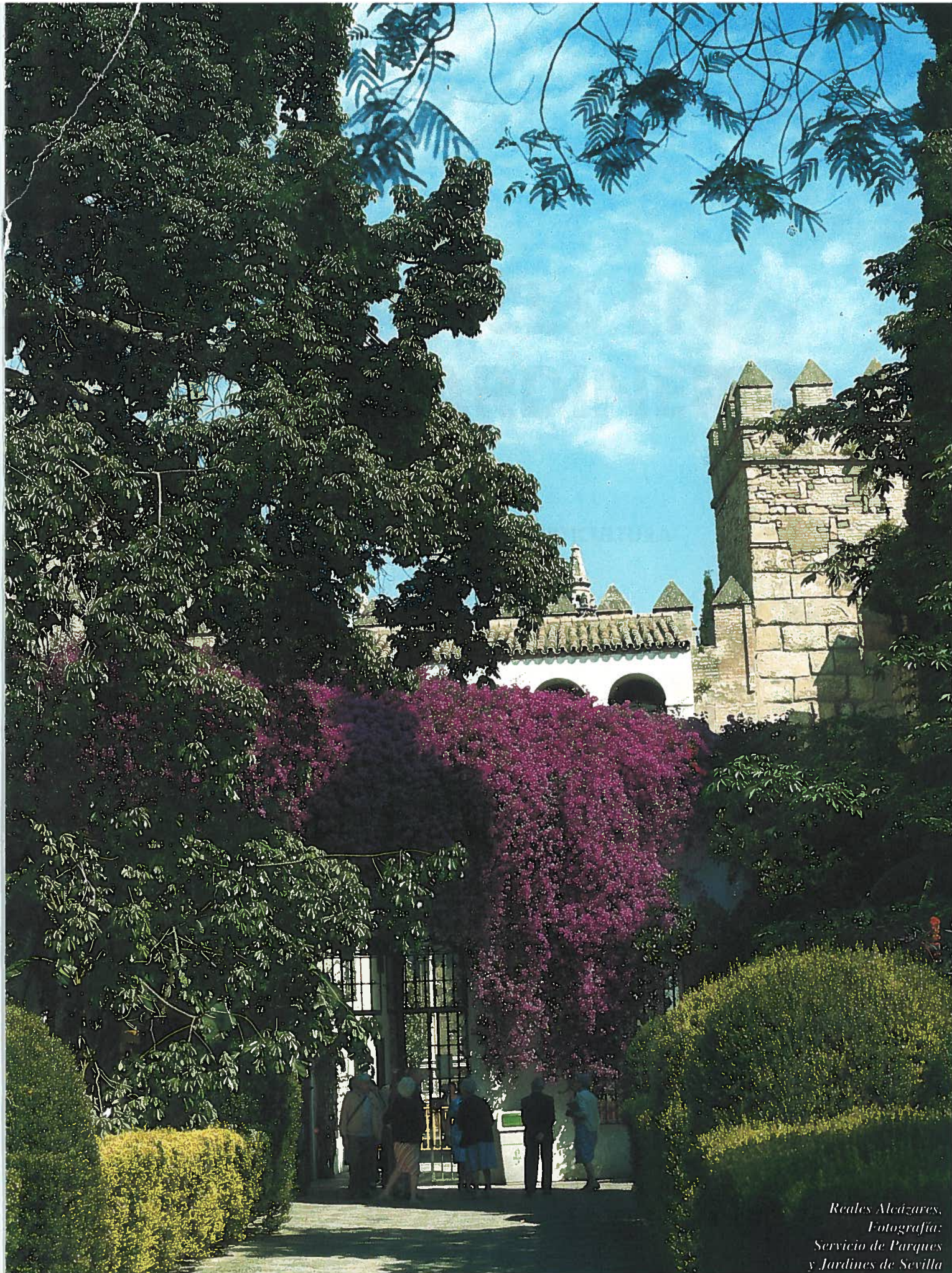
ISBN: 84-89802-90-4 (Junta de Andalucía)

ISBN: 84-87729-34-7 (Ediciones de Horticultura)

DIT: 1063-2000

Producción y distribución:
EDICIONES DE HORTICULTURA, S.L.
Paseo Misericordia, 16 1ª planta
43205 REUS - ESPAÑA
Tel.. +34-977-75 04 02
Fax: +34-977-75 30 56

e-mail: biblioteca @ediho.es
<http://www.ediho.es>
<http://www.ediho.es/biblioteca>



*Reales Alcázares.
Fotografía:
Servicio de Parques
y Jardines de Sevilla*

AVANCES EN XEROJARDINERIA

COMPENDIOS DE HORTICULTURA

12

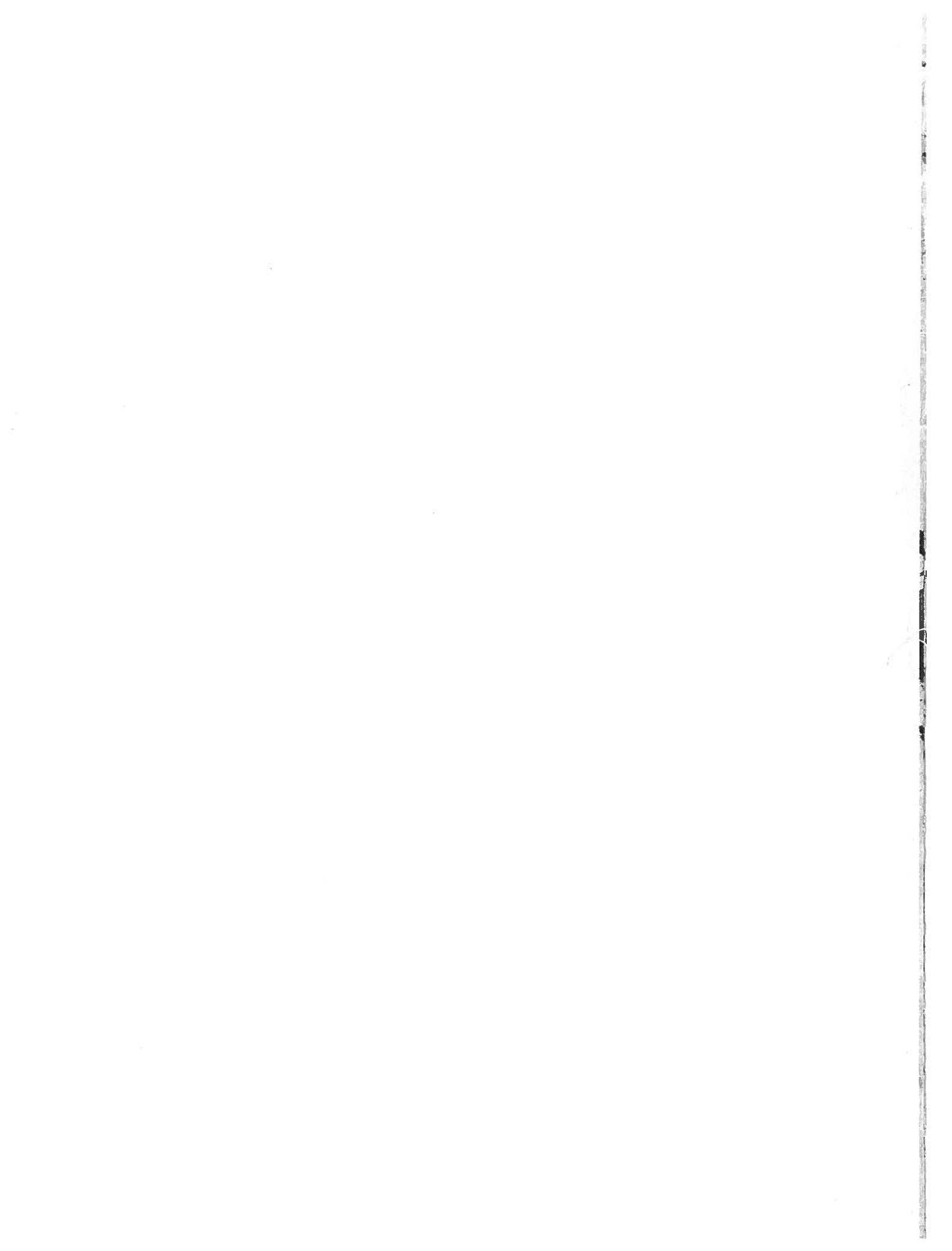
**Coordinado por:
SILVIA BURES**



INDICE

11	PROLOGO Paulino Plata Cánovas <i>Consejero de Agricultura y Pesca Junta de Andalucía</i>	45	CAPITULO 4 Cálculo del riego Estimación de las necesidades de riego de los jardines Dr. Laurence R. Costello
13	INTRODUCCION Dra. Silvia Burés	61	CAPITULO 5 Aguas residuales Reutilización planificada de agua residual en usos municipales y campos de golf Dr. Rafael Mujeriego
17	CAPITULO 1 Orígenes del Xeriscape Fox McCarthy	75	CAPITULO 6 Vegetación natural y fisiológica Integración de la vegetación en el paisaje y aspectos ecofisiológicos de la sequía Emilio Fernández - Galiano Ruíz
27	CAPITULO 2 El papel del suelo en la xerojardinería Dr. Alberto Masaguer Rodríguez	83	CAPITULO 7 Las plantas en xerojardinería Plantas adecuadas para xerojardinería en la Península Ibérica y Baleares. Josep M ^a . Pagès i Clavaguera
37	CAPITULO 3 El Agua en Xerojardinería La sequía y la jardinería. Reflexiones sobre las restricciones hídricas y el uso de aguas de mala calidad agronómica Ricardo Avila Alabarces		

- 89 CAPITULO 8
 **Bajo consumo de agua
 en céspedes**
 Rafael Jesús Monje Jiménez
- 103 CAPITULO 9
 **Aspectos sociales del paisajismo
 y la jardinería**
 José Francisco Ballester-Olmos y Anguís
- 117 CAPITULO 10
 Cubiertas verdes
 Elsa González Zorn
- 131 CAPITULO 11
 Jardín Mediterráneo
 **El jardín tradicional Mediterráneo
 y su papel en el ahorro de agua**
 Consuelo Martínez - Correcher y Gil
- 137 CAPITULO 12
 **Diseño de jardines eficientes
 en agua**
 Mónica Magister Leskovic
- 149 CAPITULO 13
 Mantenimiento de jardines
 **Programas de mantenimiento
 para el ahorro de agua**
 Jesús de Vicente Sánchez
- 159 CAPITULO 14
 Medio ambiente y marketing
 **Consumo de medio ambiente
 y marketing medioambiental
 en la xerojardinería**
 Dr. Miguel Merino Pacheco



PRÓLOGO



Paulino Plata Cánovas
Consejero de Agricultura y Pesca
Junta de Andalucía

► La preocupación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía por el uso, gestión y conservación del Agua es evidente y aún más, es necesario al ser Andalucía un territorio que padece sistemáticamente sequías, por lo cual éste es uno de nuestros principales objetivos.

El coeditar un libro sobre Xerojardinería supone apoyar un uso más racional del agua, ya que aporta soluciones prácticas y concretas para limitar el mayor consumo en las zonas urbanas que tiene lugar para el mantenimiento de jardines en casas privadas, edificios industriales, parques y zonas de recreo. Este agua de riego estacional puede representar un 40-50% del agua total urbana utilizada. Estos picos estacionales y diarios afectan al tamaño, tiempo y coste del suministro de agua y de sus instalaciones.

Los costes financieros y medioambientales para desarrollar fuentes de suministro de agua de gran calidad cada vez son más caros, y el agua cada vez más escasa. Educar a los usuarios para que utilicen el agua de un modo más racional forma parte de las estrategias de comunicación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, como contribución a un uso sensato del agua, aportando soluciones prácticas como la Xerojardinería que es, quizás, una de las soluciones que tiene más fácil aplicación y permite obtener resultados más inmediatos.

Esta coedición se realiza con Ediciones de Horticultura, S.L., editorial con reconocido prestigio por su grado de especialización en temas de Horticultura, coordinada por la doctora Ingeniero Agrónomo D^a Silvia Burés y con la participación de los principales expertos en Xerojardinería, entre los que figuran dos funcionarios de la Consejería de Agricultura y Pesca. A todos ellos mi reconocimiento.



INTRODUCCION

► En abril de 1991 la revista *Horticultura* publicaba el artículo «El Xeriscape, un nuevo concepto de jardinería» y con ello daba entrada a la Xerojardinería en España. El término «Xerojardinería» fue acuñado en 1993, con la publicación por Ediciones de Horticultura del libro con este nombre, de la serie Compendios de Horticultura. «Xerojardinería» no era sino la adaptación a la lengua castellana del término «Xeriscape» que se venía utilizando en los Estados Unidos desde 1981 para designar a una jardinería que optimiza el consumo de agua. Esta necesidad de conservar agua tenía su origen práctico en la importante sequía sufrida en el sudoeste de los Estados Unidos a finales de los 70, que llevó a la administración, a las compañías suministradoras de agua y a los usuarios del agua a buscar soluciones al problema. Sin embargo, la verdadera razón de ser de la conservación de agua va más allá de solucionar - o sobrevivir a - la sequía en épocas determinadas del año o en los años particularmente secos.

Uno puede preguntarse en primer lugar por qué debemos conservar el agua, si el agua es, aparentemente, un recurso renovable y de disponibilidad casi ilimitada. Argumentos obvios aparecen en épocas de sequía, cuando los pantanos y embalses están vacíos y existe una limitación de suministro. Pero es difícil justificar la conservación de agua en épocas de lluvias, cuando los embalses están llenos. Paradójicamente, algunas de las zonas donde mayor auge ha tenido la conservación de agua en los Estados Unidos no son precisamente las zonas más secas. El consumo de agua en una zona determinada está en función de la relación que existe entre la disponibilidad de agua y una serie de factores, que pueden ser demográficos - la población se concentra en las zonas de clima más benigno, independientemente de si existe agua suficiente en la zona para abastecer a esta población - o bien ligados a la presencia de industria o de agricultura como consumidoras de agua.

La disponibilidad local de agua depende del balance entre el consumo real y la capacidad de renovación

(pluviometría), embalse y transporte hacia las zonas de consumo. La estacionalidad de la renovación del agua y de la demanda hace que se deba dimensionar el suministro en función de ella, conduciendo a un sobredimensionado y a un sobrecoste durante las épocas del año de menor consumo. Por otra parte, el coste energético del tratamiento del agua aumenta a medida que se agotan las fuentes de mayor calidad y se debe recurrir a aguas con mayores niveles de sales, partículas en suspensión y agentes contaminantes. El coste del agua es, pues, elevado. La calidad del agua está en función de su uso, doméstico, agrícola o industrial. Las aguas destinadas a jardinería pueden provenir de la depuración de aguas residuales; no obstante, los costes de explotación de las plantas depuradoras de aguas residuales son elevados y su aplicación en jardinería privada es, todavía, minoritaria.

En España padecemos periódicamente las limitaciones de agua propias de la estacionalidad de las lluvias en el clima mediterráneo. El aumento de calidad de vida ha llevado a la expansión de la segunda residencia, que se caracteriza por el binomio casa-jardín como signo inequívoco de estándar de calidad. El riego del jardín aumenta el consumo total de agua, y con ello el coste de producir agua, que repercute no sólo en el propietario del jardín sino en toda la sociedad que está pagando el agua de calidad cada vez más cara. Es por ello que debemos limitar el uso del agua, como mínimo en aquellas cuestiones donde sea innecesario el uso de agua, como es la jardinería, donde el riego es muy poco necesario si se plantea desde un punto de vista adecuado.

Ni la Xerojardinería ni el Xeriscape son conceptos nuevos. El concepto ya existía mucho antes que el nombre. En nuestro país, las técnicas de la jardinería con bajo consumo de agua se han venido utilizando en los jardines mediterráneos tradicionales mucho antes de que se empezara a hablar de Xerojardinería. Pero lo antiguo - que conocemos muy bien de nuestra jardinería tradicional mediterránea que se caracteriza por un equilibrio entre los re-

cursos disponibles y los resultados conseguidos - debe, de algún modo, cambiar de formato para llegar a una sociedad nueva, con nuevas necesidades y nuevas ideas. No bastan las ideas clásicas de la jardinería ni el uso de plantas esclerófilas. El jardín no es ni tiene por qué ser una reproducción del paisaje natural a pequeña escala. El jardín tiene mucho de arte y por ello, de expresión de las voluntades y los sentimientos de sus propietarios/usuarios, expresión que, influida para bien o para mal por los factores mediáticos, se nutre de la necesidad de utilizar flores de temporada y césped. El jardín representa muchas veces el paisaje idealizado, aquel que nos gustaría tener como natural y no tenemos, y así se llenan de céspedes los jardines de zonas mediterráneas, de un modo digno y acertado desde el punto de vista artístico, contrario para muchos a los criterios agronómicos y ecológicos del buen hacer en jardinería. Pero aquí las tecnologías, sean de utillajes de riego o de mejora de especies, juegan a favor del más imaginativo y permiten tener cualquier tipo de jardín en cualquier zona. Esto es a su vez complicado, tanto que pocas veces se realiza con éxito, y sin embargo, tan simple como poner en funcionamiento unas pautas sencillas de carácter técnico como pueden ser las que propone la Xerojardinería.

La Xerojardinería es una manera de poner las cosas fáciles, estableciendo unas pautas de aplicación que alcanzan a todos los sectores relacionados con la jardinería, y sin embargo, en el fondo un tema complejo que abarca un conjunto de criterios yuxtapuestos. Al contrario de lo que muchos intuitivamente puedan pensar, la Xerojardinería no es sólo el uso de planta autóctona y el redescubrimiento del jardín tradicional, sino también la introducción de nuevas tecnologías que permiten optimizar el manejo del jardín, su conservación y, en definitiva, contribuyen al ahorro de recursos, como el agua. ¿Como se consigue esto?. En los Estados Unidos se han dado siete «principios» para describir e implementar la Xerojardinería, que tienen como objetivo racionalizar la conservación de agua en jardinería:

- Principio 1. Planificación y Diseño.
- Principio 2. Análisis de Suelo.
- Principio 3. Selección Adecuada de Plantas.
- Principio 4. Zonas de Césped Prácticas.
- Principio 5. Riego Eficiente.
- Principio 6. Uso de Cubiertas del Suelo.
- Principio 7. Mantenimiento Adecuado.

Estos principios son tan simples y tan de sentido común que a menudo parecen restar importancia a la propia Xerojardinería. Pero la principal aportación de la Xerojardinería está precisamente en haber descrito y puesto sobre el papel estos sencillos principios de modo que lleguen tanto a los productores de plantas, como a los jardineros, como a las empresas relacionadas y, desde luego, al usuario final del jardín. Como tantas veces, hacía falta poner sobre la mesa un plan de trabajo para empezar a trabajar.

La Xerojardinería ha madurado mucho en España durante los siete años que han pasado desde que se publi-

có el primer artículo. El tema del agua cada vez preocupa más, dentro de una mayor concienciación general por los temas medioambientales. Durante los últimos años se han ido desarrollando diversas alternativas a la jardinería de gran consumo que se venía realizando en las décadas anteriores. Estas alternativas, denominadas de modos diversos - jardinería sostenible, naturación, Xerojardinería, etc. - tienen como objetivo común el respeto al medio ambiente, no sólo como necesidad, sino también como obligación ineludible.

La Xerojardinería no es una moda ni un tipo de estética en jardinería. Ahí está precisamente el peligro de esta práctica. La Xerojardinería es y debe ser un conjunto de criterios agronómicos, siendo la elección de la estética del jardín previa a la implementación de la Xerojardinería. Será negativo caer en el tópico y sustituir de golpe el césped por extensiones de mulching, o las plantas de temporada por plantas aromáticas. Es precisamente aquí donde los profesionales deben serlo y no caer en lo fácil. El césped y las plantas de temporada tienen un papel muy importante en la jardinería en general, y en particular, en la Xerojardinería. Además del hecho de que existen especies resistentes a la sequía, y que utilizando prácticas agronómicas adecuadas se puede favorecer un mayor desarrollo radicular y con ello una mayor resistencia a la sequía, sólo con dimensionar el riego adecuadamente y mejorar su eficiencia puede reducirse el consumo de agua de manera considerable.

Pero estas ideas se quedarán en ideas si no se desarrollan correctamente. Por ejemplo, en el estado de Florida, en los Estados Unidos, actualmente es obligatorio, por ley, que todos los jardines se realicen conforme a los criterios de la Xerojardinería. Pero hasta llegar a la ley ha habido una serie de pasos cronológicos que no podemos obviar y que son necesarios si queremos que efectivamente se conserve el agua en jardinería:

1. Establecimiento de Consejos para la Conservación de Agua. Este fue el primer paso para el desarrollo de la Xerojardinería. Se trata de formar grupos de trabajo que engloban a representantes de la administración, compañías de agua, profesores, horticultores, jardineros, usuarios finales, etc. El objetivo principal de estos consejos es diagnosticar en toda su extensión la problemática del agua en jardinería y fijar modos operativos de solucionarla. Actualmente se está formando en España un Grupo Promotor de la Xerojardinería con este fin.

2. Establecimiento de un programa técnico sencillo para la implementación de la Xerojardinería. No sólo es necesario que los expertos conozcan el tema, sino que se deben aportar soluciones fáciles que puedan ser aplicadas por todos los sectores relacionados. Los siete «principios» de la Xerojardinería son un ejemplo claro de cómo hacer comprensibles los aspectos técnicos de la Xerojardinería. Una lista de este tipo, más o menos parecida, o completamente distinta si se cree más conveniente, será necesaria para cumplir esta función.

3. Programas de difusión y educativos. Tanto la admi-

nistración como las empresas relacionadas con la jardinería deben, de algún modo, hacer que este programa técnico llegue a todos los sectores afectados, para ello es necesario divulgar este programa, a la vez que educar a la población sobre el uso responsable del agua. Una manera efectiva de llegar al usuario de la jardinería es predicar con el ejemplo, haciendo demostraciones desde los servicios municipales de jardinería y realizando jardines que optimicen el consumo de agua.

4. Programas de investigación sobre técnicas y plantas. Resulta demasiado simplista quedarse con los «principios» de la Xerojardinería y pensar que el ahorro de agua en jardinería seguirá su curso y será un concepto aceptado por todos por lo que tiene de obvio. Una de las grandes dificultades de este Compendio ha sido decidir qué plantas son adecuadas para la Xerojardinería en España. Si no se tienen claros aspectos tan simples como éste difícilmente se podrá implementar la conservación del agua en jardinería. Pero para ello es necesario que se investigue aquí, sobre qué especies se adaptan a nuestra climatología, sobre las técnicas de manejo aplicables en nuestras condiciones, sobre las particularidades de nuestros suelos y aguas, etc.

5. Obligatoriedad del cumplimiento. Cuando se sabe cómo hacerlo, resulta fácil ahorrar agua en jardinería. Restringir de golpe el riego en jardinería como ha pasado en épocas de sequía anteriores es perjudicial y a la larga, contraproducente, puesto que genera un deterioro de la jardinería y con ello, un mayor consumo de agua. La aplicación de la conservación del agua debe ser hecha de un modo racional: los jardines actuales son un patrimonio de gran valor; algunas especies pueden ser fácilmente reemplazables, otras no. En todo caso es obvio que reemplazar una especie por otra de iguales características significa duplicar los recursos necesarios para obtenerla.

Si nos olvidamos de alguno de estos pasos, probablemente nos habremos equivocado con respecto a la conservación de agua en jardinería.

La idea de este nuevo libro sobre Xerojardinería nace tras haberse agotado la primera edición del Compendio Xerojardinería. Dado el interés que el tema ha despertado en numerosos sectores de la jardinería y el paisajismo en España y dada la creciente demanda de in-

formación y bibliografía, nos hemos planteado presentar un nuevo libro desde otra perspectiva, dando cabida a diversos profesionales que conocen y han trabajado en temas relacionados con la Xerojardinería y que exponen en él sus trabajos y puntos de vista. Afortunadamente, en España existen buenos profesionales que son capaces de crear y de ejercer una jardinería acorde con las necesidades medioambientales y existe una creciente actividad técnica y científica sobre el manejo del agua y la ecofisiología de la sequía. De ahí, pues, la necesidad de seguir trabajando y desarrollando el tema y la oportunidad de este libro.

El libro comienza con una revisión del concepto de la Xerojardinería, para dar paso a las materias que sirven de base a la misma: el suelo, el agua y la planta. A continuación se exponen los aspectos sociales de la Xerojardinería, el diseño, con especial mención al jardín mediterráneo tradicional, y el mantenimiento de jardines, para finalizar con una reflexión sobre el medio ambiente. Todo ello se ha estructurado en 14 capítulos, desarrollados cada uno de ellos por un especialista en temas relacionados con la conservación del agua, incluyendo a dos autores norteamericanos de reconocido prestigio dentro del ámbito del Xeriscape. Todos los autores han contribuido con entusiasmo e ilusión a esta obra. Quiero agradecer a todos ellos su participación e interés y desde luego su gran profesionalidad. Entre todos han ido desgranando todos los aspectos de la Xerojardinería con un elevado nivel técnico y científico, dejando muy atrás el primer libro de Xerojardinería.

La conservación de agua necesita de una planificación efectiva por parte de la administración, que debe incluir desde la gestión de cuencas hidrográficas hasta el control del consumo. Pero este control no puede efectuarse sin aportar soluciones prácticas. Dentro de todas las posibles soluciones, la Xerojardinería es quizás de las que tienen más fácil aplicación y obtiene resultados más inmediatos. Por mi parte, si la Xerojardinería ha contribuido a mantener abierto el debate sobre el agua en jardinería, yo ya me doy por satisfecha.

Dra. Silvia Burés

CAPITULO 1

Orígenes del Xeriscape™₁

Fox McCarthy (*)

(Traducción: Silvia Burés)

► Antecedentes

Prefacio

Xeriscape² (pronunciado en castellano «Ziresqueip») es una idea actual. Los jardines de tipo Xeriscape son jardines de calidad que conservan el agua y protegen el medio ambiente. Este concepto se sirve de prácticas hortícolas responsables que tienen como finalidad conservar el agua. Los resultados son jardines exuberantes y de bajo mantenimiento.

Este capítulo cubrirá la historia del Xeriscape, extractos de sus siete principios, la importancia de la empresa suministradora de agua y los beneficios para el usuario. La última sección contemplará programas educativos sobre el agua.

El éxito de los programas de Xeriscape a lo largo de los Estados Unidos son el resultado de la formación a nivel local de colaboraciones entre el sector público y el sector privado. El Consejo para la Conservación de Agua de Georgia se utilizará como modelo de este tipo de colaboraciones. A pesar de que los problemas del agua varían en las distintas regiones de la nación, los programas de conservación de agua para solucionar estos problemas son similares a lo largo de los Estados Unidos.

Historia

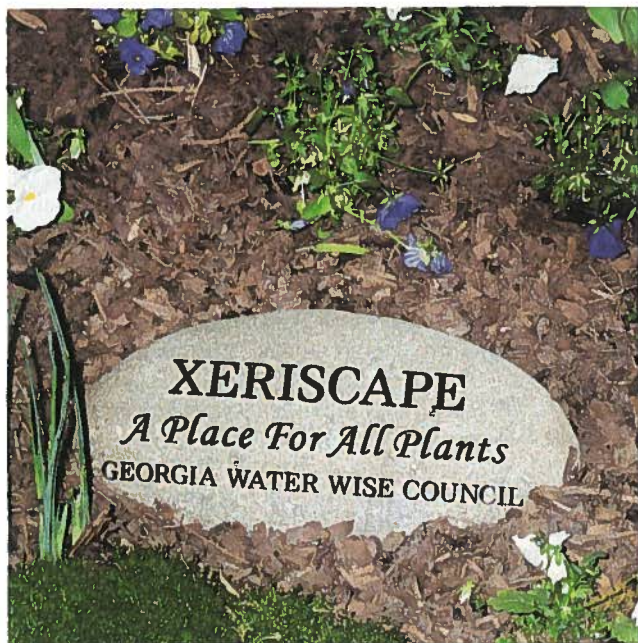
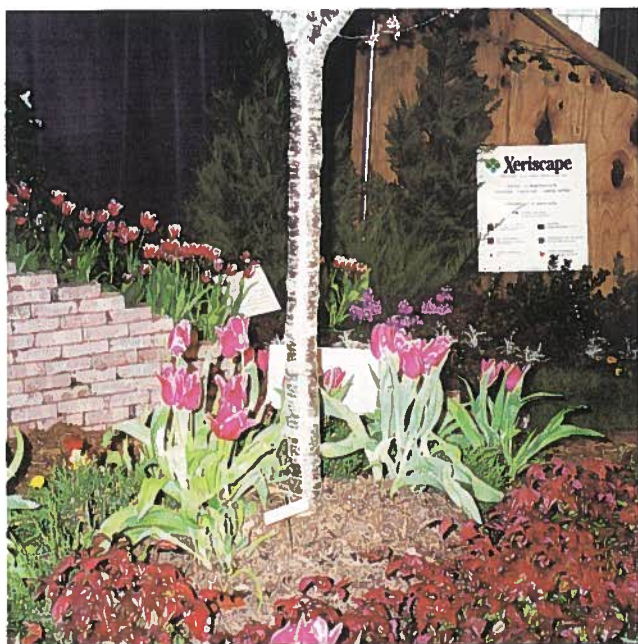
En 1981, como reacción a los pronósticos de escasez de agua, Ken Ball, Educador de Conservación de Agua del Departamento de Aguas de Denver, Colorado, formó un grupo de trabajo para buscar modos de reducir la cantidad de agua consumida en jardines urbanos. El grupo de trabajo, que representaba un esfuerzo de cooperación entre los sectores público y privado, buscó la colaboración de la población y participó de un modo activo y sistemático en la resolución del problema.

El objetivo del grupo era establecer un programa cooperativo de conservación de agua en jardinería. En pocos meses el grupo creó un programa educativo y diseñó y construyó un jardín de demostración. El grupo acuñó el término «Xeriscape», derivado de la palabra griega «seco» y el sufijo «scape» de «landscape»³.

En un año, la información sobre el Xeriscape se extendió rápidamente. En los estados de California, Florida, Texas, Nevada y Arizona se establecieron programas de Xeriscape. Las solicitudes de información sobre Xeriscape se recibieron desde lugares tan lejanos como las Filipinas o el Sultanato de Omán.

Para 1985, la demanda de información sobre Xeriscape era ya tan grande que se creó una organización sin ánimo

(*) Fox McCarthy: Coordinador de Conservación de Agua de la Compañía de Aguas de Cobb County-Marietta en el estado de Georgia, en los Estados Unidos. Recibió su diplomatura en horticultura por la Universidad de Georgia en 1989. Es miembro de la División de Conservación de la Asociación Americana del Agua (American Water Works Association) y fue miembro del consejo en el National Xeriscape Council. Fue presidente del Consejo para la Conservación de Agua de Georgia (Georgia Water Wise Council) asociación de la que es actualmente secretario y tesorero. En 1996 fue reconocido por la Asociación de Plantas de Georgia (Georgia Green Industry Association) como Amigo de la Industria desde el punto de vista medioambiental. También en 1996 la Compañía de Aguas de Cobb County-Marietta recibió el Premio a la Excelencia de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (Environmental Protection Agency), como la mejor instalación de agua del sudeste de los Estados Unidos.



Jardín de Xeriscape del Consejo para la Conservación de Agua de Georgia en la Exposición de Flores del Sudeste en el Jardín Botánico de Atlanta, 1998.

de lucro, el Consejo Nacional para el Xeriscape (National Xeriscape Council, Inc.). El Consejo respondía a las demandas de información y contribuyó al crecimiento del programa. A principios de los años 90 habían actividades sobre Xeriscape en 41 estados y 3 países extranjeros, con una población estimada en las ciudades participantes de 35 millones.

El nombre

¿Por qué llamarlo Xeriscape? Es una etiqueta simple, una sola palabra que designa a la conservación del agua en jardinería. Además, y muy importante, la asignación de un nombre nuevo provoca la cuestión ¿qué es el Xeriscape? y de este modo proporciona una puerta de entrada para explicar los principios del Xeriscape y de cómo conservar agua en jardinería.

La población ha adoptado el término Xeriscape a lo largo de los Estados Unidos, uniendo de este modo el interés nacional con las necesidades locales. El término representa un bagaje de conocimientos y se puede utilizar universalmente sin tener que explicar cada vez lo que se quiere decir. A medida que las personas se trasladan de región en región conocerán que Xeriscape significa conservación de agua. También es probable que estén familiarizados con los fundamentos del Xeriscape.

Siete principios

Xeriscape consiste en la aplicación de prácticas hortícolas de sentido común en el desarrollo de jardines de calidad que a la vez conservan el agua y protegen el medio ambiente. Los siete principios pueden servir como un simple recordatorio para asegurar que se aplican prácticas hortícolas adecuadas durante la planificación, la instalación y/o el mantenimiento del jardín. Estos siete principios del Xeriscape deberían ser la base de la jardinería cotidiana, y no sólo una práctica a implementar durante los períodos de sequía.

Las siguientes descripciones de los siete principios son extractos del libro «Xeriscape: A Guide to Developing a Water Wise Landscape»:

Principio 1 - Planificación y Diseño:

Un jardín bien planificado tiene en cuenta las condiciones climáticas y microclimáticas del lugar, la vegetación existente y las condiciones topográficas, el uso previsto y los deseos del propietario y, lo más importante, la zonalización o agrupación del material vegetal según sus necesidades de agua.

Estas zonas de uso de agua son: bajo (lluvia natural), moderado (riego ocasional) y elevado (riego regular). Las zonas de bajo uso de agua requieren muy poca o ninguna agua adicional tras el establecimiento de las plantas. Las zonas de uso moderado de agua contienen aquellas plantas que requieren algún riego adicional durante los períodos calurosos y secos. Las zonas de elevado uso de agua son



Vistas donde se pueden apreciar los jardines de Post Properties.

áreas de jardín limitadas donde se satisfacen siempre las necesidades de agua de las plantas. Estas se denominan corrientemente de «elevado impacto», siendo las zonas más visibles del jardín, tales como la entrada de la casa.

La sombra es un aspecto muy importante a considerar en el diseño de jardines eficientes en agua. La sombra, sea de plantas o de estructuras, ayuda a enfriar el jardín y ayuda a reducir la pérdida de agua. Un jardín sombreado puede ser hasta 10°C más fresco que un jardín a pleno sol. Las terrazas, calles, caminos y otras superficies de ladrillo,

hormigón o asfalto, deberían ser sombreadas para evitar que irradian calor y con ello aumenten las pérdidas de agua del jardín.

Principio 2 - Análisis de Suelo:

Los suelos varían en los distintos emplazamientos e incluso dentro de un mismo emplazamiento. Un análisis de suelo basado en un muestreo al azar proporcionará información que permitirá la selección adecuada de plantas y, si es necesario, de enmiendas de suelo. En los lugares donde se deban aplicar enmiendas, éstas mejorarán la salud y

capacidad de crecimiento del jardín al mejorar el drenaje de agua, la penetración de la humedad y la capacidad de retención de agua del suelo.

Cuando se plantan especies ornamentales o céspedes, se debe cultivar el suelo en profundidad y en extensión. Cavar un hoyo grande cuando se plante para mejorar la estructura del suelo, lo que reduce la compactación, rompe las capas impermeables y mejora la infiltración del agua y de los elementos esenciales en el suelo. El objetivo del análisis de suelo debería ser proporcionar las condiciones óptimas del suelo para mejorar el desarrollo de las raíces.

Principio 3 - Selección Adecuada de Plantas:

No es necesario adquirir plantas poco comunes o exóticas para tener un jardín eficiente en agua. Muchas de nuestras plantas autóctonas y la mayor parte de las especies adaptadas que se encuentran en centros de jardinería y viveros pueden sobrevivir largos períodos de disponibilidad limitada de agua una vez se han establecido en el jardín.

La clave está en seleccionar plantas en base a su capacidad de adaptación a la zona del jardín, el efecto deseado, el color, la textura y el tamaño final de la planta. Las plantas se deben disponer de modo que se consiga el efecto estético deseado y, lo más importante, agrupadas de acuerdo con sus respectivas necesidades de agua. Todas las plantas tienen un lugar en un jardín del tipo Xeriscape. La conservación máxima de agua se puede conseguir seleccionando las plantas adecuadas que requieran la mínima cantidad de aporte suplementario de agua.

Principio 4 - Zonas de Césped Prácticas:

Situar las zonas de césped en aquellos lugares del jardín donde proporcionarán el mayor beneficio funcional, tales como zonas de recreo o en pendientes, para prevenir la erosión. El césped no se debe tratar como un material de relleno sino como un elemento principal planificado. Separar el césped de las plantas ornamentales en el jardín, para que puedan regarse de un modo independiente.

La mayoría de céspedes pueden situarse en cualquiera de las tres zonas de uso de agua descritas en el principio de diseño, pero la dosis y la frecuencia de riego deberían ser convenientemente ajustadas. Por ejemplo, se puede permitir que los céspedes establecidos en zonas de bajo o moderado uso de agua entren en estado de latencia durante periodos de pluviometría limitada y que se recuperen cuando llueva.

Principio 5 - Riego Eficiente:

El riego debe estar hecho a medida, de modo que satisfaga las necesidades de las plantas a regar, y debe funcionar siempre de manera eficiente y efectiva. Los sistemas de goteo o de microaspersores son más eficientes en el uso del agua que los aspersores y deberían utilizarse siempre que sea posible para el riego de plantas ornamentales. Cuando se utilicen aspersores, puede evitarse la pérdida excesiva de agua por evaporación si se riega entre las 9 de la noche y las 9 de la mañana.

La mayor parte de las plantas ornamentales y céspedes establecidos pueden sobrevivir períodos largos de sequía sin riegos adicionales. El riego diario no es recomendable, especialmente cuando se utilizan aspersores, puesto que provoca el desarrollo de un sistema radicular superficial y hace que las plantas padezcan estrés en condiciones de sequía. Regar sólo cuando las plantas lo necesitan y hacer los riegos en profundidad, resulta en sistemas radiculares más profundos y a la larga, en un jardín más sano y más tolerante a la sequía.

Principio 6 - Uso de Cubiertas del Suelo:

Las cubiertas (mulching) resultan vitales en un jardín eficiente en agua. No sólo conservan la humedad del suelo y controlan la erosión, sino que también ayudan a reducir las malas hierbas que compiten con las plantas ornamentales por el agua. Las cubiertas también reducen algunas enfermedades propias del suelo que causan estrés en las plantas y les provocan unas mayores demandas de agua.

Las mejores cubiertas son las orgánicas, de textura fina y suelta. Las acículas de pino o las partículas pequeñas de corteza son materiales excelentes de mulching en un jardín eficiente en agua. Evitar utilizar cubiertas de piedra puesto que irradian grandes cantidades de calor que ocasionan la pérdida de agua del jardín. Los textiles para jardinería situados bajo las cubiertas orgánicas mejoran la retención de agua en el suelo a la vez que permiten que el agua, los nutrientes y el aire penetren libremente.

Principio 7 - Mantenimiento Adecuado:

Cuando se han seguido los primeros seis principios, el mantenimiento de un Xeriscape resulta más fácil y barato. Además, para utilizar menos agua, se necesita aplicar cantidades mínimas de fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos para mantener la vitalidad de las plantas.

Muchas prácticas culturales pueden ayudar a ahorrar agua en el jardín, desarrollando plantas más endurecidas. Por ejemplo, una siega bien hecha significa cortar el césped a la altura recomendada y segar con la frecuencia necesaria para eliminar no más de 1/3 del tejido de la hoja. Esto ayuda a que la planta maximice el crecimiento de la raíz, lo que reduce las necesidades de agua. Cuando hay sequía, se debe elevar la altura de corte en un 25 a 50%.

Evitar podar las plantas o darles una elevada fertilización de nitrógeno durante los períodos secos, porque estas prácticas promueven el crecimiento de nuevos brotes que son grandes consumidores de agua. Seguir una tendencia preventiva en el control de plagas, observando la presencia de plagas regularmente y controlándolas antes de que debiliten a las plantas haciendo que éstas tengan una mayor demanda de agua.

Beneficios medioambientales del Xeriscape

Bruce Adams, Coordinador para la Conservación de Agua del South Florida Water Management District, ha

dado énfasis a los beneficios medioambientales del Xeriscape en adición a los beneficios estéticos y en el ahorro de agua. Apunta que la contaminación debida a la escorrentía tras las tormentas en zonas urbanas es debida en gran parte a la jardinería y excede, por hectárea de suelo, a la contaminación por pesticidas, herbicidas, fungicidas y nutrientes procedentes de la escorrentía agrícola⁴.

Adams también apunta que la degradación de las aguas superficiales es un problema creciente a causa de estos contaminantes provenientes del jardín. El riego excesivo, una cubierta de plantas no adecuada y la jardinería urbana en zonas marginales contribuyen todas ellas a la erosión del suelo, la subsidencia y la colmatación de la capa cultivable. Concluye que los jardines tipo Xeriscape son equivalentes a las «mejores prácticas de manejo» (best management practices) para evitar la contaminación agrícola y la erosión del suelo.

Adams ha establecido, como una nueva manera de entender el concepto del Xeriscape, la siguiente lista básica de beneficios asociados a sus siete principios:

Principio 1. Planificación y Diseño:

- Para controlar/canalizar la escorrentía y reducir la erosión.
- Para un mantenimiento que reduzca los costes de mano de obra y los recursos químicos, combustibles y agua.
- Para un establecimiento de plantas que reduzca el crecimiento vegetativo excesivo y la competición.
- Para que el jardín sirva como filtro viviente de contaminantes.
- Situando plantas en microclimas adecuados reduce el estrés.
- Para agrupar plantas en zonas de uso de agua por un riego eficiente.

Principio 2. Análisis de Suelo:

- Conduce a una estructura del suelo más eficiente.
- Para determinar enmiendas, si es necesario.
- Conduce a una mejor actividad de las lombrices de suelo.
- Lleva a que la naturaleza haga su trabajo en el enriquecimiento y aireación del suelo.
- Proporciona mayor capacidad de retención de agua/menos lavado.
- Para una menor erosión.
- Para establecer las nuevas edificaciones en tierras marginales.
- Para incluir un análisis que permita que haya un balance de pH y requerimientos de fertilizantes adecuados.

Principio 3. Selección Adecuada de Plantas:

- Por un emplazamiento en el microclima adecuado.
- Para reducir el mantenimiento dejando que las plantas crezcan hasta alcanzar sus límites naturales.
- Por crear ecosistemas de plantas compatibles en los distintos niveles (capa arbustiva/arbórea).
- Por una sucesión natural de plantas.

- Para crear corredores urbanos para los hábitats de la fauna y la flora natural.

Principio 4. Zonas de Césped Prácticas:

- Para disminuir siega y recorte de bordes para ahorrar energía y mano de obra.
- Por un control de la erosión.
- Para que tenga un propósito, no como relleno.
- Por la reducción del agua y los fertilizantes.
- Para disminuir la contaminación a través del lavado de fungicidas, pesticidas y fertilizantes.
- Para reducir los picos de demanda en el suministro de agua.
- Para reducir el impacto en los vertederos y por la devolución al suelo de 1/3 del fertilizante a través del reciclaje.

Principio 5. Riego Eficiente:

- Para controlar la demanda de agua para la conservación del recurso agua.
- Para reducir el tratamiento de agua, los costes energéticos y los inputs.
- Para disminuir el bombeo de agua de los suministradores en épocas de picos de demanda.
- Para disminuir el lavado/escorrentía de nutrientes.
- Para disminuir los problemas y costes del control de plagas.
- Para disminuir el riego excesivo que es causa de estrés y enfermedades en las plantas.
- Para hacer que concurren las necesidades de agua de las plantas en las mismas zonas de uso de agua.

Principio 6. Uso de Cubiertas del Suelo:

- Para proporcionar una cubierta en el suelo para prevenir el desarrollo de malas hierbas.
- Para que se biodegrade con el fin de que haya adiciones naturales de nutrientes en el suelo.
- Para reducir el estrés por calor y la evaporación en la zona radicular.
- Por la retención de humedad y menos riegos.
- Para poder restar el volumen de plantas del volumen de los vertederos.
- Por el reciclaje *in situ*.
- Por el control de la erosión.

Principio 7. Mantenimiento Adecuado:

- Para reducir el estrés en la planta a través de una poda y una siega adecuadas.
- Para reducir los aportes de agua y de fertilizantes.
- Por el manejo integrado de plagas.
- A través de aplicaciones adecuadas de macro y microelementos.
- A través del uso de fertilizantes de lenta liberación.
- Por unas tasas de crecimiento mantenidas.

El papel del suministrador de agua en el Xeriscape

Para la mayoría de suministradores de agua, el mayor consumo tiene lugar en el mantenimiento de jardines en



Complejo de apartamentos Post Village (Atlanta)

casas privadas, edificios industriales, parques, colegios y zonas de recreo. Este agua de riego estacional representa típicamente un 40-50% del agua total urbana utilizada⁴. Estos picos estacionales y diarios afectan el tamaño, tiempo y coste del suministro de agua y de sus instalaciones.

Los encargados del suministro de agua están actualmente examinando su misión primaria de poder satisfacer en el futuro las demandas de agua previstas. Los costes financieros y medioambientales de desarrollar fuentes de suministro de agua de gran calidad cada vez son más caros. Favorecer que los clientes utilicen el agua de un modo más racional puede ser un medio rentable de aumentar la capacidad de suministro sin tener que ampliar la propia capacidad de suministro.

En 1989, la Cobb County-Marietta Water Authority (Compañía de Aguas de Cobb County-Marietta) se encontró en esta situación de demanda futura. Esta Compañía de Aguas proporciona un 23% del agua del área metropolitana de Atlanta (Georgia) y estaba proyectando multiplicar por dos su demanda durante los próximos 20 años. La Compañía de Aguas tomó la decisión de utilizar la conservación de agua como una opción de suministro además de la extracción de agua subsuperficial y aumentar la extracción de agua superficial.

La Compañía de Aguas contrató al primer Coordinador para la Conservación de Agua en Georgia, con la labor de desarrollar programas educativos sobre el Xeriscape para bajar los picos de uso de agua en verano. El coste real para el suministrador de agua de los picos de uso de agua para riego es de dos a veinte veces superior que el de la otra agua utilizada por sus clientes.

La Compañía de Aguas se convirtió en miembro fundador y promotor del Consejo para la Conservación de Agua de Georgia (Georgia Water Wise Council). Los programas de Xeriscape se desarrollaron a través del Consejo para ser utilizados en las áreas de servicio de las Compañías de Aguas, así como a lo largo de todo el estado. Para dar apoyo a los programas de Xeriscape, la Compañía de Aguas implementó una recarga en el precio del agua en los picos del verano para aquellos clientes que utilizaban demasiada agua para el jardín. También, a través del Consejo para la Conservación de Agua de Georgia, la Compañía de Aguas inició programas educativos en las escuelas públicas con una serie de libros «El Libro del Agua».

El Xeriscape también tiene aplicación en los jardines de centros comerciales. A lo largo de toda el área metropolitana de Atlanta, se pueden encontrar ejemplos de estos Xeriscapes. Post Properties ha utilizado jardines de lujo tipo Xeriscape con efectos publicitarios. Post Properties gestiona 32 complejos de pisos de alquiler con más de 14.000 pisos. Sus jardines han revolucionado el aspecto de las zonas residenciales y comerciales de Atlanta. Una vez establecidos, sólo un 10% de sus jardines reciben agua de riego. También el Georgia Institute of Technology (Universidad Tecnológica de Georgia) utilizó jardines tipo Xeriscape en sus instalaciones y en la villa Olímpica que estaban situados en su campus para los Juegos Olímpicos de 1996.

Programas educativos

El Consejo para la Conservación de Agua de Georgia

Antecedentes

A pesar de que las sequías pertinaces han centrado la atención en la necesidad de practicar la conservación del agua, al menos a corto plazo, muchos suministradores de agua y el sector de la jardinería y la producción de plantas todavía se preguntan por qué. El negocio de los suministradores es vender agua y para mantener sus beneficios requieren incrementos de ventas, no la conservación. Los viveros y centros minoristas han visto a menudo la conservación del agua como un inconveniente a la hora de vender plantas o servicios. Las empresas de jardinería y otros relacionados con el sector de la jardinería se han enfrentado a restricciones de agua obligatorias que han impactado de un modo severo a sus negocios.

La sequía que tuvo lugar en 1988 en todo el sudeste de los Estados Unidos llevó al sector de la jardinería y la producción de plantas ornamentales a darse cuenta de que se necesitaba una educación a largo plazo sobre la conservación del agua en jardinería con el fin de reducir los picos de demanda de agua del verano. Esto podría no sólo reducir los problemas de sequía, sino también hacer el mejor uso de los recursos de agua para el crecimiento futuro.

Estas preocupaciones llevaron, el 1 de mayo de 1989, al establecimiento de un foro público, el Georgia Xeriscape Council (Consejo de Xeriscape de Georgia) por parte del Servicio Cooperativo de Extensión Agraria de la Universidad de Georgia. Los representantes del sector de la jardinería recomendaron que se ampliaran los objetivos para incluir la conservación del agua para todas las actividades, así se formó el Consejo para la Conservación de Agua de Georgia.

El Consejo está formado por entidades gubernamentales, educativas, empresas y ciudadanos. El Consejo para la Conservación de Agua de Georgia es una corporación educativa sin ánimo de lucro. El Consejo tiene socios con carácter voluntario y sus representantes y miembros del consejo de administración no reciben compensación económica. La presidencia es rotativa entre miembros de los sectores público y privado. Los miembros contribuyen con su tiempo, la administración voluntaria de los asuntos del Consejo y sus cuotas de afiliación.

Objetivos

Uno de los primeros objetivos del Consejo para la Conservación de Agua de Georgia fue demostrar a los suministradores de agua y a los jardineros cómo la conservación era un beneficio para ellos. Para los suministradores de agua, el Consejo promocionó el concepto de conservación de agua, de «aumentar la capacidad sin aumentar la construcción». Para el sector de la jardinería, el Consejo demostró cómo las prácticas del Xeriscape expandirían el mercado de sus productos y servicios. El sector de la jardinería se dio cuenta rápidamente de que su integración acti-



Complejo de apartamentos Post Village (Atlanta)

va en los programas educativos para la conservación del agua ayudaría al crecimiento a largo plazo de su negocio. Además, el Consejo explicó a los propietarios de casas que los jardines tipo Xeriscape no significaban rocas y cactus, sino jardines de calidad que reducían los costes de mantenimiento y sobrevivirían en buenas condiciones durante las sequías.

En años recientes, el Consejo para la Conservación de Agua de Georgia ha ampliado sus objetivos educativos creando programas en las escuelas públicas. Una actividad principal ha sido la edición y distribución de «El Libro del Agua», patrocinado por la Agencia de Protección Medioambiental (E.P.A.) estadounidense. A través del trabajo de muchas organizaciones públicas y privadas «El Libro del Agua» se ha distribuido en los colegios de toda Georgia, así como en otros estados. El propósito de este esfuerzo es formar a los niños proporcionándoles una ética de conservación de agua y de concienciación medioambiental que les acompañe durante toda su vida.

Actividades

El Consejo ha participado en numerosas actividades, incluyendo las siguientes:

- Publicación de unas 50.000 copias de un libro sobre Xeriscape de 40 páginas.
- Producción de un vídeo de Xeriscape de 12 minutos.
- Distribución de hojas informativas y artículos en revistas.
- Coordinación de estancias de prácticas en empresas suministradoras de agua para estudiantes universitarios de jardinería.
- Patrocinio de un programa para la conservación de agua en el riego destinado a constructores de casas.
- Impresión, distribución y promoción de la serie de la E.P.A. «El Libro del Agua».
- Becas para estudiantes para organizar reuniones sobre recursos naturales.
- Stands sobre Xeriscape en jornadas profesionales y ferias de jardinería.
- Establecimiento de un bureau de conferenciantes.

Resultados

La creación de una concienciación pública sobre recursos hídricos y temas de conservación es un proceso a largo plazo. Desde 1989, el Consejo para la Conservación de Agua de Georgia ha sabido difundir el mensaje de conservación de agua incluso en periodos de lluvias abundantes. El Consejo fue reconocido con el primer premio por la E.P.A. (Región IV) por la «campana educativa más efectiva» en el sudeste de los Estados Unidos.

En Florida, Texas y el sudeste de Nueva York se han formado consejos para la conservación del agua, tomando como modelo el Consejo de Georgia. El Florida Water Wise Council contribuye con programas educativos a la implementación de la ley sobre Xeriscape de Florida.

La lección aprendida es que esperar a que tengan lugar las sequías o los problemas de suministro de agua para tomar medidas de conservación resulta demasiado tarde. El

Consejo para la Conservación de Agua de Georgia continuará buscando el diálogo y cooperación entre intereses diversos para asegurar que el agua del estado se utilice de un modo eficiente y sostenible.

Colaboraciones en materias de educación

La educación sobre el agua se solía presentar a la juventud de los Estados Unidos de una manera fragmentada e inconsistente. Su estudio se incorporaba en asignaturas diversas en base a los conocimientos previos de cada profesor, sus experiencias y situación local. Existía poco apoyo económico o disponibilidad de materiales para la educación sobre el agua, e incluso una falta de concienciación sobre la existencia de un problema en relación con el agua.

Colaboradores

En Georgia se estableció una red de colaboradores públicos y privados para promover y proporcionar coherencia en la educación sobre temas de agua. El programa educativo se implementa de un modo local a través de colaboraciones entre suministradores de agua, empresas del sector privado, educadores y colegios.

El Consejo para la Conservación de Agua de Georgia coordina la red de colaboraciones:

- 1) editando la serie «El Libro del Agua»;
- 2) realizando un programa de prácticas para los profesores de prácticas; y
- 3) buscando patrocinadores para el programa.

Como editor, el Consejo imprime, almacena y distribuye los libros de la serie. La función de prácticas para los profesores de prácticas se consigue a través de seminarios con responsables de la educación para que éstos desarrollen jornadas de trabajo con los profesores. Finalmente, el Consejo busca el apoyo de los suministradores de agua y empresas del sector privado para que éstos compren los libros para las escuelas locales.

Historia de la serie «El Libro del Agua»

La E.P.A. (Región IV) en Atlanta ha proporcionado becas para desarrollar material educativo para la educación medioambiental sobre el agua, desarrollando una serie de cuatro libros para cubrir los cursos de preescolar, de educación básica y de bachillerato.

La serie de libros sobre el agua proporciona actividades manuales utilizando el tema del agua para complementar y ampliar el temario actual de asignaturas. Las actividades son de aplicación en todas las zonas geográficas. Esta serie está diseñada para dar apoyo a las disciplinas de matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales y educación artística. Cada libro de la serie consiste en cinco capítulos:

- 1- Introducción al agua.
- 2- Agua potable y tratamiento de aguas residuales.
- 3- Recursos superficiales de agua.
- 4- Recursos subsuperficiales de agua.
- 5- Aguas de zonas pantanosas y aguas costeras.

Los capítulos tienen páginas de correlación para dar énfasis a la enseñanza interdisciplinaria. Los libros han sido escritos y ensayados por profesores.

Resultados

Si en el futuro van a ser los propios ciudadanos quienes deban solucionar sus problemas de agua, se necesita que estos ciudadanos tengan pensamiento crítico. El primer paso es hacer que los estudiantes observen, evalúen y hagan juicios bien informados. Los libros proporcionan a los estudiantes sistemas simulados naturales y dañados para que sean comparados en clase. Los estudiantes aprenden el pensamiento crítico y la toma de decisiones a través de participar en estas actividades medioambientales sobre el agua.

Esta red de colaboraciones sobre el libro es un concepto dinámico que funciona. Los colegios salen ganando en cuanto a que mejoran el curriculum educativo de sus alumnos. Los suministradores de agua cumplen con sus obligaciones a través de los programas de conservación de agua y, junto con otros patrocinadores privados, reciben un mayor reconocimiento del público. Finalmente, el Consejo para la Conservación de Agua de Georgia cumple con sus objetivos sociales de promover la conservación del agua a través de proporcionar una ética del agua a los ciudadanos de Georgia, una ética basada en «utiliza lo que necesitas, y no contamines». ◀

Bibliografía

Adams, B. July/August 1990. «Xeriscape - The Key Answer for Urban Environmental Protection», National Xeriscape News, p4, Austin, Texas, United States of America.

Ball, K. et al. 1990. Xeriscape Programs for Water Utilities. American Water Works Association, Denver, Colo-

rado, United States of America. (ISBN 0-89867-525-1).

Fields, S. January, 1995. «An Educator's View on Environmental Education,» Georgia County Government ACCG, p15. Atlanta, Georgia, United States of America.

Long-Range Water Supply Master Plan Update, October 1996, Cobb County-Marietta Water Authority, Marietta, Georgia, United States of America.

McCarthy, F. November, 1994. «Local leaders take on task of Water Quality Education,» The Rockdale Citizens, p12B. Conyers, Georgia, United States of America.

McCarthy, F. 1996. Partners in Education: The Water Sourcebook. Proceedings of Conserv 96, Responsible Water Stewardship, Orlando, Florida. American Water Works Association, et al., Denver Colorado, United States of America. (ISBN 0 -89867-837-4).

Wade, G. L. et al. 1992. Xeriscape : a guide to developing a water-wise landscape. University of Georgia cooperative Extension Service, Bulletin 1073 Athens, Georgia, United States of America.

Water Conservation Plan, August 1996. Cobb County-Marietta Water Authority, Marietta, Georgia, United States of America.

The Water Sourcebook, for grades 3-5, 1994, Tennessee Valley Authority. Consejo para la Conservación de Agua de Georgia - Publisher, 1033 Franklin Road, Marietta, Georgia, 30067, United States of America (EPA/904-R-94-017(b)).

The Water Sourcebook, for grades 9-12, 1997. Auburn University at Montgomery and Troy State University. Consejo para la Conservación de Agua de Georgia- Publisher, 1033 Franklin Road, Marietta, Georgia, 30067, United States of America (EPA/904-R-94-017(d)).

1 El TM (trademark o marca registrada) no se utilizará en el resto del capítulo.

2 N. del T. En este capítulo se utilizará el término original «Xeriscape» en lugar de «Xerojardinería».

3 N. del T. «Landscape», paisaje o jardín. En la traducción se ha preferido utilizar los términos jardinería o jardín por landscape.

4 N. del T. En Estados Unidos las zonas urbanas se caracterizan por estar formadas por elementos casa-jardín particular.



La preparación de un semillero requiere la correcta elección de sustrato.

CAPITULO 2

El papel del suelo en la xerojardinería

Dr. Alberto Masaguer Rodríguez (*)

► Introducción

La planificación que requieren los proyectos de xerojardinería, debe prestar especial atención al estudio de las características edáficas de la zona y a las intervenciones necesarias sobre el suelo, para conseguir éxito en la implantación de una zona ajardinada o remodelación de la existente. El estudio de las principales características del suelo y de las enmiendas necesarias para su acondicionamiento correcto, debe ser una práctica común en toda actuación sobre zonas verdes, sin embargo, con demasiada frecuencia se suele olvidar o ignorar. En ocasiones, esta falta de atención al suelo conduce a fracasos importantes en la jardinería, que exigen posteriores actuaciones, con el gasto correspondiente, para corregir defectos de planificación.

En la primera parte del capítulo definiremos las condiciones edafoclimáticas de la geografía española, que son el condicionante básico que exige, en muchos casos, recurrir a la técnica de la xerojardinería para permitir un desarrollo de zonas verdes con un consumo discreto de agua.

Una vez expuestas las condiciones edafoclimáticas en las que se puede desarrollar la xerojardinería, entraremos en el estudio de las condiciones adecuadas del suelo para obtener un buen resultado. Para ello, abordaremos en primer lugar los conceptos de retención de agua y los parámetros que determinan el movimiento de agua en el

suelo; así como sus propiedades físicas, que condicionan la capacidad de adaptarse a las condiciones *xéricas*, y en qué condiciones físicas es viable la realización de un proyecto de xerojardinería. En segundo lugar, apuntaremos el papel que el componente orgánico juega en la dinámica del agua y de los nutrientes en el suelo.

Como resultado del conocimiento de las propiedades del suelo y en función de las características edafoclimáticas, definiremos algunas pautas a seguir en su manejo. Discutiremos sobre los factores a mejorar, así como sobre productos orgánicos y sintéticos que permiten un acondicionamiento del suelo destinado a la realización de un xerojardín. Todo ello permitirá minimizar los riesgos en la implantación de la zona verde y permitirá alcanzar el objetivo primordial de la xerojardinería: el uso eficiente del agua.

Características edafoclimáticas de la geografía española

Definición de edafoclima

Los parámetros principales del **edafoclima** son el **régimen de humedad** y el **régimen de temperatura** del suelo

(*) *Dr. Alberto Masaguer Rodríguez: Natural de Santiago de Compostela, es doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid, donde cursó la especialidad de Química Agrícola y realizó su Tesis Doctoral sobre: «Incidencia de la fertirrigación en condiciones salinas sobre sustratos y cultivos hortícolas». En 1994 se incorpora como profesor Titular al Departamento de Edafología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, de la UPM. Ha participado en proyectos de investigación sobre el estudio del componente orgánico de los suelos y el empleo de sustratos de cultivo en la producción de planta ornamental, así como la utilización de materiales orgánicos residuales en la fabricación de sustratos y enmiendas orgánicas del suelo. Es autor de varios artículos y publicaciones, científicos y de divulgación, y ha impartido diversos cursos y seminarios sobre temas relacionados con su labor docente e investigadora.*

(Soil Survey Staff, 1975, 1994). Ambos regímenes definen, respectivamente, el contenido en humedad, disponible para las raíces de las plantas, y la temperatura del suelo durante una secuencia de años suficiente para alcanzar un valor estadístico-climático. Dada la dificultad de conocer ambos componentes en condiciones reales de campo, se suele acudir a estimaciones obtenidas a partir de modelos matemáticos que utilizan datos climáticos para simular el comportamiento edafoclimático del suelo y que pueden ser comprobados experimentalmente.

El **régimen de humedad** interviene en la formación y productividad del suelo. Un suelo saturado tiene agua disponible para las plantas, pero carece de oxígeno para la respiración radicular. El agua que se mueve en el suelo desplaza solutos, elementos adsorbidos y sólidos en suspensión; de manera que la repetición de los procesos de migración determina las características de salinidad, el complejo de intercambio iónico y la composición granulométrica de los horizontes del suelo. La **estacionalidad**, por otra parte, influye en el contenido y composición de la materia orgánica; por ejemplo, los suelos con verano seco presentan menor proporción de humus y mayor valor de la relación carbono a nitrógeno (Gascó, 1996).

Prescindiendo de la salinidad, la humedad retenida a más de 1.500 KPa se considera que no es utilizable por las raíces. A medida que aumenta la humedad, disminuye la energía de retención y el agua está más disponible, afectando a la producción de los cultivos. Este hecho permite plantear el régimen de humedad como uno de los **factores condicionantes de la productividad** que intervienen en la evaluación paramétrica de los suelos. En las *zonas xéricas* o de clima mediterráneo y en las *arídicas* o desérticas, el régimen de humedad es muchas veces el factor limitante; de aquí el interés de la xerojardinería como técnica de implantación de zonas verdes en condiciones xéricas, con bajo consumo de agua. Por tanto, en la xerojardinería, se deberán establecer labores favorecedoras de la infiltración y la conservación de la humedad en el suelo, así como un control del consumo de agua con fines de ahorro.

Régimen de humedad del suelo

El régimen de humedad de los suelos define la **disponibilidad de agua para las plantas** en cada una de las diferentes fases de desarrollo, según la expresión sintética: $RAU = RAU(t)$, donde t es la variable tiempo. La **reserva de agua utilizable (RAU)** se va agotando durante los periodos secos del año, en los que la aportación efectiva de agua al suelo es menor que el consumo real por evapotranspiración, hasta que llega un momento en que no hay agua disponible en el suelo, $RAU(t) = 0$.

Es claro que la duración del tiempo con agua disponible en el suelo depende del menor de los dos valores: el de la reserva máxima de agua utilizable $RAU_{máx.}$ y el del **agua útil del suelo**. La xerojardinería contempla actuaciones que permiten acortar el periodo en el que el suelo está seco, actuando sobre las características que condicionan la retención de agua y la curva característica de humedad, incrementando el agua útil. Los **parámetros del suelo** que intervienen en los factores hídricos se contemplan bien por defecto o por exceso. Por

defecto, el régimen de humedad que se modifica con el riego o con la capacidad del suelo de retener agua, y **por exceso**, la percolación profunda que se corrige con el saneamiento o drenaje.

En el estudio del **régimen de humedad de los suelos de la España Peninsular** realizado por Hontoria (1995), se clasifica por distintos métodos y se representa cartográficamente el régimen de humedad, considerando varios métodos de determinación de la evapotranspiración y varios modelos de estimación del régimen de humedad. Concluye que en la España peninsular están representados los **regímenes de humedad del suelo *udic*, *xeric* y *aridic***. Los suelos con régimen *udic* se sitúan bajo climas húmedos con lluvias bien repartidas durante el año, o con suficiente lluvia en verano para que, sumada a la reserva del suelo, se supere la evaporación en todo momento. El régimen *xeric* es típico de los climas mediterráneos con inviernos húmedos y fríos y veranos cálidos y secos. La humedad invernal es efectiva para la lixiviación, ya que la evaporación es mínima durante esta estación. Por último, el régimen *aridic* se sitúa bajo clima árido, o también bajo clima semiárido cuando el espesor del suelo limita su capacidad de reserva de agua, o cuando la infiltrabilidad superficial es muy lenta.

Según Hontoria (1995), el **régimen *ustic*** sólo aparece en una estrecha zona de transición del *udic* al *xeric* **asociado al gradiente topográfico**. El régimen *udic* se extiende por **Galicia y la zona cantábrico-pirenaica**; el régimen *aridic* por el **sureste** y algunas áreas del valle del Ebro; y el *xeric* **ocupa la mayor parte de la península**.

Régimen de temperatura

Para el estudio del edafoclima, es preciso conocer además el **régimen térmico** del suelo. La temperatura del suelo, T_s , se determina a 50 cm de profundidad para evitar las oscilaciones en periodos cortos de días o semanas. Para la definición del régimen de humedad se requieren dos parámetros: la temperatura media anual del suelo (T_{sa}) y la oscilación estacional verano-invierno (DT). La T_{sa} es estimada mediante la adición de $1,5^\circ\text{C}$ a la temperatura media anual del aire, y la DT se calcula por diferencia entre la media del verano y del invierno.

El régimen térmico edafoclimático es *mesic* ($8^\circ\text{C} \leq T_{sa} < 15^\circ\text{C}$) en la mitad norte de la España Peninsular; *thermic* ($15^\circ\text{C} \leq T_{sa} < 22^\circ\text{C}$) en la mitad sur, en el valle del Ebro y en la zona costera; el régimen *frigid* se localiza en las altitudes montañosas de la cordillera Cantábrica, los Pirineos, el Sistema Central y Sierra Nevada. El carácter isotérmico con amplitud verano-invierno menor de 5°C solamente se presenta en algunos lugares costeros, donde se reciben las brisas marinas (Hontoria, 1995).

El papel de la capacidad de retención de agua en la economía hídrica

La base de la xerojardinería es el **uso eficiente del**

agua. Para ello es necesario conocer con detenimiento las características de suelo que permiten una **retención adecuada del agua**; pero no sólo conociendo el régimen de humedad de suelo, sino que de la misma forma que se presta atención a la selección de especies apropiadas para la xerojardinería, debemos realizar una preparación correcta del suelo teniendo en cuenta bajo qué condiciones ambientales especiales se emplea esta técnica de cultivo.

Es necesario considerar que un xerojardín, implantado sobre un suelo con un equilibrio nutricional adecuado para las especies utilizadas, permitirá un desarrollo adecuado de las mismas, una adaptación correcta al medio, y todo ello conducirá al establecimiento exitoso de la zona ajardinada. Por otra parte, en estas condiciones, la resistencia de los cultivos frente a situaciones de estrés será mucho mayor y los costes de mantenimiento serán menores.

Movimiento de agua en el suelo

El **agua** no sólo es de importancia directa para las plantas sino que representa muchos **papeles en el suelo**, actuando como disolvente, reactivo hidrolizante, amortiguador de temperatura, agente dilatador y debilitador de la estructura del suelo, entre otros. Un alto contenido de humedad facilita el movimiento de agua y solutos; también reduce la cantidad y velocidad de movimiento del oxígeno en el suelo, a veces de forma importante.

El agua en un suelo presenta una doble orientación: la edafológica, que alude a su participación en procesos edáficos: alteración, humificación y traslocación en el perfil, considerando periodos de tiempo muy largos; y una segunda orientación, a corto plazo, como medio para asegurar a las raíces un aporte de nutrientes y aire, a la vez que se restituyen las pérdidas de la transpiración. El movimiento del agua depende de las propiedades del suelo que condicionan las energías de retención del agua por las partículas del suelo. Por ejemplo, de la geometría de los poros y del tipo de interacción entre el agua y las superficies sólidas con las que está en contacto.

Será, pues, preciso conocer y en cierta medida mejorar los aspectos siguientes:

- 1° penetración de agua en el suelo y sus movimientos en el perfil.
- 2° capacidad del suelo para retener agua.
- 3° utilización posible de esa agua por la vegetación.

Si se satura el suelo, y se deja que drene libremente se dice que se encuentra a **capacidad de campo**. Este concepto, útil desde el punto de vista de aplicaciones, carece de un claro sustento físico y de determinación por depender del espesor del suelo y por la dificultad de apreciar el final del drenaje. De todas formas se admite que cuando ello ocurre el agua retenida en el suelo se encuentra a valores de pF superiores a 2,5 ó 3,0, es decir, valores del potencial hídrico superiores a 330 ó 1.000 cm de columna de agua (33 ó 100 KPa). En general, se evalúa la capacidad de campo de un suelo como el agua que puede retener con pF superior a 2,5 y se llama **humedad equivalente** a la retenida con valores de pF superiores a 3,0.

Por otra parte, para que la aireación sea adecuada, el suelo necesitará unas propiedades físicas adecuadas, que derivan de la textura y estructura del mismo. En óptimas condiciones, a capacidad de campo Cc, el aire ocupará más de la mitad del volumen de poros, salvo en suelos con un contenido muy elevado de materia orgánica y con elevada porosidad, donde el agua retenida puede ocupar la mayor parte de los poros sin afectar a la aireación.

Conforme se seca el suelo, la planta no sólo es menos capaz de extraer agua sino que la velocidad del movimiento hacia la superficie de la raíz desciende rápidamente conforme se vacían poros progresivamente más finos, y cuando el ritmo de suministro baja por debajo de las necesidades de la planta puede darse el marchitamiento. El contenido de agua de un suelo con el que se produce el marchitamiento permanente e irreversible se denomina punto de marchitez, y usualmente corresponde a una succión de aproximadamente 1.500 kPa (15 bar) y, por tanto, al vaciado de poros de hasta 0,2mm de diámetro. Puede haber considerable agua residual retenida a tensiones mayores de 1.500 kPa, especialmente en suelos arcillosos, que esencialmente no está disponible para la planta.

Con altos contenidos de humedad, las principales fuerzas que actúan sobre el agua del suelo son la gravedad y la tensión superficial, pero al secarse el suelo se hacen más importantes otras fuerzas como las de adhesión entre el agua y las superficies del suelo y la presión osmótica. Estas presiones adicionales han de tenerse muy en cuenta en ocasiones donde el contenido de agua del suelo es relativamente bajo, caso de la xerojardinería, y la planta debe soportar situaciones de estrés hídrico con frecuencia.

Usualmente es difícil analizar con exactitud la contribución de cada una de las fuerzas individuales que actúan sobre el agua del suelo, especialmente porque varían de punto a punto. Sin embargo, el resultado es un déficit de presión en el agua en el suelo. Esto se denomina comúnmente succión o tensión del agua del suelo, y puede medirse usando un manómetro apropiado y relacionarse con un diámetro efectivo de poro usando la fórmula para la ascensión capilar. La presión dentro del agua del suelo es, generalmente, negativa con relación a la de la atmósfera, y puede expresarse en unidades convencionales de presión, pascales o bares, o como la altura de una columna de agua equivalente. Como esta última expresión da una escala inconvenientemente larga, de 0 a 105 metros desde el suelo saturado al seco en estufa a 105°C, y los cambios en el contenido de agua son muy pequeños en el extremo más seco, Schofield sugirió tomar el logaritmo decimal de la altura de agua, expresada en centímetros, y lo llamó pF.

La relación entre el contenido de agua y la tensión es un parámetro destacable del suelo que se denomina **curva característica de humedad**. Dado que cada tensión corresponde al vaciado de poros de un cierto diámetro, puede atribuirse un intervalo de poros a cada incremento del agua extraída. La curva característica de humedad de un suelo no sólo revela la cantidad de agua retenida en un suelo a diferentes tensiones, sino que muestra también la disponibilidad de agua en ese suelo, y la capacidad total



Enmienda orgánica de calidad para la mejora del suelo.

de ese suelo para retener agua disponible para las plantas. Puede interpretarse como una curva de distribución de tamaño de poros, y conduce a estimaciones útiles de conductividad hidráulica para todos los contenidos de agua (Payne, 1992a).

Cuando hay una diferencia de potencial hídrico entre dos puntos del suelo, el agua no está en equilibrio mecánico y tenderá a moverse para igualar el potencial, siendo la intensidad del flujo proporcional al gradiente de potencial y a la conductividad hidráulica del suelo (Ley de Darcy, 1856). La conductividad hidráulica depende del tamaño y continuidad de los poros conductores y de la viscosidad del agua. Bajo un gradiente dado, el movimiento es más rápido cuando el suelo está saturado y todos los poros conducen el agua. Conforme el suelo pierde agua, por drenaje u otras causas, los poros mayores se vacían primero, y como las intensidades de flujo son proporcionales a la cuarta potencia de los diámetros, los poros mayores contribuyen mucho a la conducción, de modo que la conductividad cae muy rápidamente con el descenso del contenido de humedad. Este efecto es más pronunciado en suelos de textura gruesa, dado que generalmente tienen relativamente pocos poros pequeños y el flujo en láminas superficiales delgadas es despreciable.

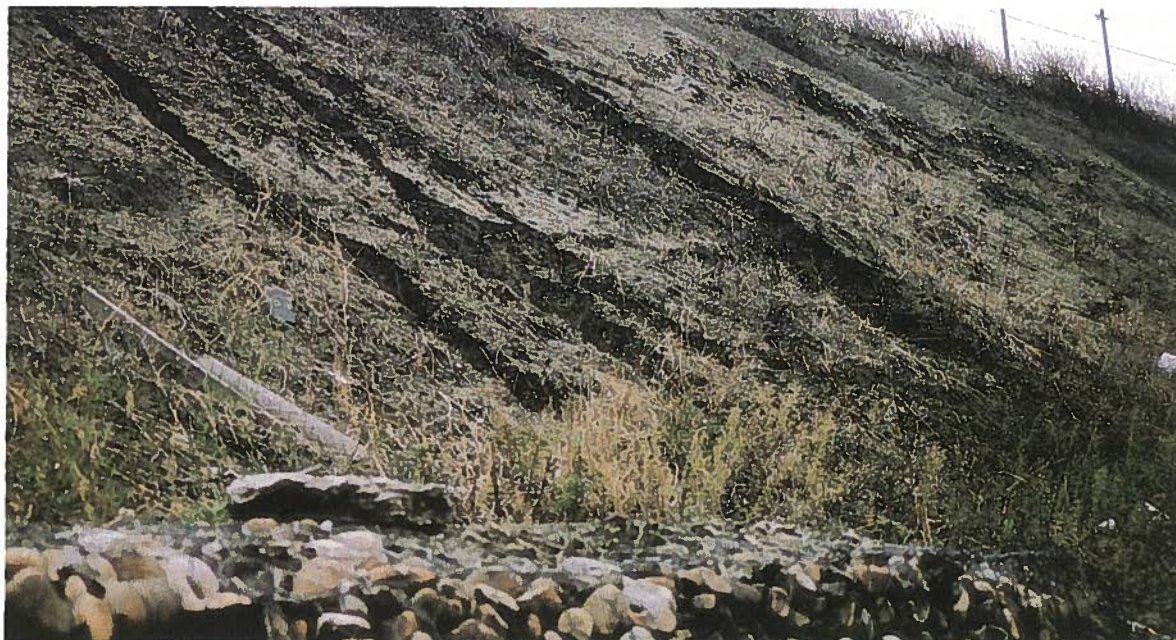
Propiedades físicas: textura y estructura

El suelo, en virtud de sus propiedades físicas, debe proporcionar un **medio adecuado** a la germinación de las semillas, facilitar un soporte material donde la planta desarrolle su aparato radicular, ha de poseer adecuada aireación y retención de humedad apropiada para mantener un régimen de circulación de agua que permita un suministro correcto para la planta. Otros aspectos físicos, y no poco importantes en la xerojardinería, son la resistencia del sue-

lo frente a factores erosivos y las repercusiones que pueden tener las prácticas culturales sobre el estado físico del suelo. Las propiedades físicas de los suelos se sintetizan en una característica importante: el binomio **permeabilidad/capacidad de retención de agua**, que van a condicionar en gran parte el éxito del proyecto de xerojardinería. Estas propiedades físicas están ligadas a dos nociones fundamentales: **textura y estructura**.

La **textura** es la síntesis de la composición granulométrica de una muestra de «tierra fina», permite un conocimiento de los porcentajes de arcilla, limo y arena, informa sobre las condiciones del suelo y las necesidades que requiere para la realización de un xerojardín en cuanto a: 1) retención de agua, alta para suelos de textura arcillosa o franco-arcillosa y 2) contenido en arcilla, que condiciona una alta capacidad de intercambio, y regula la retención de nutrientes. Los suelos denominados francos, con una proporción equilibrada de arena, limo y arcilla, alcanzan un delicado compromiso entre las características deseables e indeseables que se derivan de cada una de las fracciones. Sin embargo, debemos advertir que las interpretaciones directas del estudio de la textura del suelo pueden ser erróneas en algunos casos, debido a que la determinación de la clase textural se realiza sobre una dispersión de «tierra fina» y las partículas no se encuentran de forma individualizada; además, el comportamiento del suelo se condiciona también por la composición químico-mineralógica de las diferentes fracciones. Esto condiciona que podamos encontrar suelos con la misma textura que presenten propiedades claramente distintas.

Las partículas individuales del suelo no están, habitualmente, dispuestas al azar, sino que forman terrones y grumos, unidos por material coloidal, que poseen cierta organización interna y una forma externa características.



La pendiente condiciona la preparación del suelo.

Son los denominados **agregados**. La naturaleza y distribución por tamaño de los agregados y del espacio de poros, se denomina **estructura del suelo**. Estos agregados presentan distintas formas y grados de desarrollo y, de sus diferentes morfologías, se derivan estructuras que se distinguen por la cantidad, tamaño y comunicación de los poros, que condicionan la penetrabilidad de las raíces, la circulación de gases y del agua, y la capacidad del suelo de retener esta última.

Mientras la estructura describe un estado del suelo variable con el tiempo, la **estabilidad estructural** es una noción dinámica que define la resistencia de este suelo a conservar agregados frente a la acción agresiva de diversos agentes externos: el impacto de las gotas de lluvia o de riego, el estallido de los agregados por el agua de imbibición, el tráfico peatonal o rodado, el efecto de choque de los aperos de rotación rápida, entre otros. Ante esta situación se han desarrollado técnicas de laboreo del suelo menos agresivas, alternativas a las tradicionales englobadas en el denominado laboreo de conservación, que pueden ser, en muchas ocasiones, incorporadas a la xerojardinería.

Si se añade materia orgánica a un suelo, hay una rápida mejoría en la estabilidad de su estructura. Esto se origina por la producción de mucopolisacáridos por las bacterias del suelo y, en parte por el crecimiento de hifas fúngicas sobre las partículas del suelo, pues algunas de estas hifas son adsorbidas o adheridas a las superficies sobre las que crecen (Payne, 1992b). Este hecho hace que la aplicación de una dosis adecuada de materia orgánica en la práctica de la xerojardinería permita unas garantías mínimas en cuanto a la estabilidad de la estructura del suelo.

Como otra posibilidad, de carácter innovador, resaltaremos los trabajos de investigación con polímeros orgánicos y

su interacción con los constituyentes del suelo. Con el fin de mejorar la estabilidad de los agregados se emplean ciertos polímeros que actúan como **acondicionadores del suelo**, sin embargo, los datos obtenidos hasta el momento no son del todo concluyentes y presentan algunas controversias como el peligro de estabilizar una estructura desfavorable o su resistencia a la degradación microbiana.

La materia orgánica y la economía hídrica

Las **propiedades más significativas** de la materia orgánica del suelo se atribuyen a su **comportamiento químico**, que deriva de los grupos funcionales de las moléculas de los distintos componentes. En concreto, cabe citar la capacidad de muchas moléculas de actuar como ligandos en complejos; muchas veces un ion metálico puede coordinarse con más de una molécula de ligando, o bien una misma molécula de ligando puede unirse al ion por más de una posición. En este caso, se tiene la formación de un quelato y al proceso de formación del complejo, se le denomina quelación. Una consecuencia importante de la quelación es la movilización del metal, que permite que algunos cationes metálicos como Fe^{3+} , Mn^{2+} ó Cu^{2+} sean adsorbidos por las partículas coloidales quedando a disposición de la planta. Esto condiciona, que este fenómeno de complejación esté íntimamente relacionado con la fertilidad del suelo.

A esto debemos añadir el hecho de que la materia orgánica contribuye a la fertilidad proporcionando elementos esenciales como nitrógeno, fósforo y azufre, en proporciones importantes. Así, la materia orgánica del suelo proporciona casi todo el nitrógeno, del 50 al 60% de los fosfatos y el 80% del azufre.

Otra propiedad de la materia orgánica del suelo es su capacidad de retención de agua, por medio de la cual pue-

de retener hasta 20 veces su peso. La fracción humificada presenta también posibilidad de interaccionar con las partículas minerales del suelo favoreciendo así la agregación de las partículas y mejorando la estructura. Como consecuencia de ello, se mejora la permeabilidad y aumenta la aireación.

De esta forma, se logran buenos resultados en aspectos básicos de la xerojardinería, si por medio de un adecuado equilibrio húmico se consigue: 1º) incrementar la capacidad de retención de agua por parte del suelo, 2º) mejorar la estructuración del suelo y la porosidad, y 3º) incrementar el potencial nutritivo del suelo.

En este aspecto, resaltaremos que no siempre se emplean en la mejora del contenido de materia orgánica de los suelos materiales suficientemente transformados, lo cual repercute en la incorporación real de la materia orgánica al suelo. La aplicación de materiales inadecuados puede producir que la incorporación de la materia orgánica al suelo sea extremadamente lenta o incluso no se produzca dado que los materiales empleados no lleguen a transformarse adecuadamente. Es por ello que, como veremos más adelante, debemos prestar atención especial al tipo de enmienda orgánica empleada.

Actuaciones sobre el suelo y su influencia en el ahorro de agua

El agua es un **recurso cada vez más escaso**, no sólo en cantidad sino también en calidad, razón por la que en el riego de zonas verdes debe manejarse con la mayor eficiencia posible. Los problemas, cuantitativos (escasez y disponibilidad del recurso agua) y cualitativos (contaminación indirecta de los sistemas fluviales y de los acuíferos), ligados al uso del agua en el riego, aconsejan fijar, dentro de la finalidad general de conservación y uso eficiente del agua, los siguientes objetivos específicos: reducir el consumo de agua, administrar racionalmente el agua de riego, disminuir la contaminación de las aguas y utilizar fuentes alternativas de suministro (Manual de prácticas y actuaciones agroambientales, 1996).

El **objetivo del riego** es satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos o zonas verdes, aplicando agua de forma eficiente sin alterar la fertilidad del suelo, es decir, que la mayor cantidad posible de agua aplicada, quede almacenada en la zona radicular a disposición de la planta. Sólo con estas condiciones tiene sentido el riego en la xerojardinería. Además, los sistemas de riego se han modificado de manera notable debido a los avances tecnológicos de todo tipo, materiales y automatismos entre otros, que de una manera casi continua modifican los diseños de las instalaciones y los consumos de agua.

Como principio general debe partirse de una estimación correcta de las necesidades de agua de las especies seleccionadas, adecuando los turnos de riego en frecuencia y en duración en cada época, en función de la meteorolo-

gía y las necesidades del cultivo. La instalación de elementos de control será fundamental para aplicar los volúmenes deseados y evitar un consumo innecesario. Por otra parte, se debe seguir un control de la humedad de los suelos que se riegan mediante el empleo de técnicas adecuadas, siendo muy utilizado en riego de alta frecuencia, el tensiómetro.

Es cierto, que un **fin primordial en la xerojardinería** es el empleo eficaz del agua, pero no debemos olvidar que el agua es un factor clave en los tres **mecanismos de asimilación de nutrientes** por las plantas. Las **raíces interceptan** más iones nutrientes cuando crecen en un suelo húmedo que en un suelo seco, a causa de que su desarrollo es más extenso. Esto es particularmente importante para el calcio y el magnesio. El **flujo de agua del suelo**, producido por las corrientes de transpiración, transporta la mayor parte de nitratos, sulfatos, calcio y magnesio a las raíces. Las raíces no reciben generalmente suficiente fósforo y potasio por estos dos métodos.

Por último, el mecanismo de **la difusión** también tiene gran importancia en xerojardinería. La planta absorbe los nutrientes adyacentes a las raíces y así se establece un gradiente. Los nutrientes se difunden lentamente desde las áreas de mayor concentración a las de menor, por lo general a distancias menores de 0,5 cm. Esto ocurre a través de las películas de agua, de aquí que la proporción de difusión dependa en parte del contenido edáfico de agua (Tisdale y Nelson, 1991).

Existen numerosos trabajos que establecen la relación entre los niveles de humedad del suelo y la absorción de nutrientes por la planta. La absorción de nutrientes viene afectada directamente por el nivel de humedad del suelo. Concretamente Tisdale y Nelson (1991) hacen referencia a trabajos que estudian el efecto directo de la tensión de humedad del suelo y la asimilación. Así la asimilación del P decrece a un 80% a 100 kPa y a un 50% a 300 kPa de presión de humedad, en relación con la asimilación a 33 kPa, capacidad de campo. También la asimilación de potasio y fósforo en suelos se reduce, aunque no tanto como la de nitrógeno. El nitrógeno amoniacal no se transporta rápidamente, pero el nitrógeno nítrico, como anión más soluble, lo hace con el agua edáfica.

Pero la asimilación de nutrientes no se ve afectada exclusivamente por la humedad del suelo, ya que de modo más o menos indirecto, afecta el agua de la actividad metabólica de la planta, la aireación del suelo, la forma de elemento en el suelo y la concentración salina de la solución del suelo.

Para concluir este apartado señalar que es necesaria más información acerca del efecto de los niveles de humedad del suelo, las formas de los elementos y las propiedades físicas del suelo sobre la asimilación de nutrientes en general y en la xerojardinería en particular.

Las propiedades de los suelos imprescindibles de conocer y que inciden, en mayor o menor medida, en la dosificación del agua son: textura, profundidad del suelo, mate-



Adaptación de plantas a las condiciones climáticas.

ria orgánica y conductividad eléctrica (en caso de ser elevada, el sodio intercambiable). Aparte de estas propiedades físicas y químicas generales, es interesante conocer las características hidráulicas como la infiltración, la permeabilidad y la capacidad de campo de todos los horizontes a los que conviene que afecte el riego.

Según estas características químicas, físicas e hidráulicas, los suelos van a requerir distintos manejos y van a tener distinta vulnerabilidad a la erosión, al encharcamiento y a la contaminación y salinización. Por ejemplo, una textura arenosa va a tener una buena infiltración y muy alta permeabilidad, que son buenas características; sin embargo, va a tener una baja retención de agua y poca fertilidad, es por ello que al realizar una enmienda orgánica se incrementa la eficiencia del suelo a la retención de humedad y a la vez aporta nutrientes.

Por otro lado, las texturas arcillosas van a presentar una buena retención del agua pero una peor infiltración y una baja permeabilidad, sobre todo si el suelo está muy seco, con lo que el riego debe espaciarse y las dosis reducirse evitando en cualquier caso los encharcamientos.

Aplicaciones de materia orgánica

La **materia orgánica** del suelo esta constituida por residuos de plantas y animales en diversas etapas de descomposición, organismos vivos del suelo y sustancias sintetizadas por estos organismos. La cantidad de materia orgánica factible de acumularse en un suelo a partir de tejidos vegetales depende de la temperatura, humedad, aireación, pH del suelo, población microbiana y la cantidad y naturaleza química del residuo que se incorpora al suelo.

La composición química de los materiales orgánicos

aplicados al suelo contempla tres grupos de compuestos: **polisacáridos, ligninas y proteínas**. Además de estos tres grupos, también se presenta una variedad de sustancias como grasas y ceras, entre otras. Los polisacáridos son la celulosa, hemicelulosas, azúcares, almidones y sustancias pépticas. Las ligninas son materiales complejos que provienen de tejidos leñosos de las plantas. Las proteínas, componentes principales de la materia orgánica que contienen nitrógeno, existen en la mayor parte de los residuos de animales. Estas tres clases de materiales son fuentes de alimento y energía para los microorganismos edáficos.

La materia orgánica del suelo influye de forma directa en numerosas propiedades relacionadas con el papel del suelo en la xerojardinería. El mantenimiento del nivel de materia orgánica y un buen equilibrio húmico debe programarse a través de los aportes adecuados de enmienda orgánica. Ahora bien, las especiales condiciones edafoclimáticas que justifican la xerojardinería obligan a tener en cuenta, no sólo la dosis de materia orgánica, sino también la calidad de la misma. En este sentido, interesa conocer la fracción humificada de los materiales utilizados para realizar las correcciones de materia orgánica de los suelos.

El componente orgánico de los suelos desarrolla un papel fundamental en la xerojardinería, la materia orgánica ejerce una acción muy favorable sobre propiedades del suelo como la estructura, porosidad, retención de agua y aporte de nutrientes, entre otras. Por ello debe tenerse muy en cuenta en la preparación de los suelos y realizar las correcciones oportunas tanto en cantidad como en calidad de la materia orgánica.

La **disminución del contenido** de los suelos en materias orgánicas es una constante general, fundamentalmente en zonas de régimen *xérico* y *arídico* donde la

mineralización de la materia orgánica suele superar a la humificación. La necesidad de unas condiciones especiales requeridas para el suelo en la xerojardinería conduce a plantearse necesidades concretas en cuanto a las enmiendas orgánicas.

El **mantener un nivel mínimo** de materia orgánica constituye un objetivo juicioso y prudente que permite economizar a medio plazo. Por otra parte, en los últimos años, **bajo el término de materia orgánica** se presentan en el mercado numerosos productos que pueden ser incorporados al suelo para mejorar o conservar su fertilidad. Parece así que el problema de la materia orgánica, al menos en algunos aspectos, vuelve a un primer plano. Esta actualidad destaca la campaña antipolución que tiende a beneficiar a los abonos orgánicos, y por otro lado, existe una cantidad creciente de subproductos de la industria y del consumo, ricos en compuestos orgánicos, para los cuales la agricultura y jardinería se presenta como la única salida posible.

Con el nombre de **productos orgánicos** se designan todos aquellos productos que, aportados al suelo, tienen como objetivo fundamental generar materia orgánica humificada y contribuir de esta forma a mantener o elevar, en su caso, el contenido húmico de los suelos cultivados. Es posible que estos productos aporten también otros elementos fertilizantes pero este aspecto debe considerarse secundario.

De acuerdo con sus características, propiedades y condiciones de empleo, los productos utilizados habitualmente como fertilizantes orgánicos, pueden citarse como ejemplo: **estiércoles, residuos vegetales, residuos orgánicos en general**. La elección de la materia orgánica a utilizar requiere el conocimiento del proceso de maduración y debe tener en cuenta las características y propiedades de los productos orgánicos a utilizar.

En los últimos años se ha incrementado la oferta de una serie de productos orgánicos y minerales que aplicados al suelo, y mezclados con el horizonte superior, o empleados directamente constituyen un nuevo concepto de suelo. El empleo de esta serie de productos, generalmente de carácter residual, despierta interés en el conocimiento del impacto ambiental que puedan tener su aplicación al suelo. Quizá el equilibrio entre reutilización racional de residuos y la mejora de la fertilidad del suelo por la aplicación de estos materiales al suelo debiera dedicarse un capítulo entero.

Utilización de enmiendas

Al hablar de fertilización generalmente no se hace referencia a elementos como el Ca, que siendo esencial para las plantas no suele preocupar ya que, aún en suelos pobres en calcio, no suele presentar deficiencias extremas. Ahora bien, el calcio es un regulador de la estructura y de las características físicas del suelo. Las enmiendas calizas, cuando se hacen sobre terrenos arcillosos, aumentan la permeabilidad al aire y al agua, disminuyendo la compacidad del suelo. Así mismo, es de destacar el papel del calcio en la formación del complejo arcillo-húmico, tan decisivo en la mejora de la estructura y en la fijación de

cationes en el suelo. Recordemos que los cationes son fijados por los coloides del suelo. La arcilla y el humus, fijan pues los cationes, pero la unión es más estable cuando arcilla y humus forman, por la acción del calcio, el complejo arcillo-húmico.

El calcio tiene también una acción destacada en la actividad biológica de los suelos. Los microorganismos nitrificantes, que transforman el nitrógeno amoniacal (NH_4^+) en nítrico (NO_3^-) no son activos a un pH del suelo inferior a 6. Las enmiendas calizas activan la mineralización del nitrógeno orgánico y la transformación de la materia orgánica.

El contenido óptimo de calcio en un suelo depende de la naturaleza de éste, de forma general, un suelo arenoso presenta contenidos suficientes con un 2-3 por mil de calcio intercambiable, mientras que un suelo arcilloso requiere del orden de dos a tres veces más (Guerrero, 1990).

Las enmiendas calizas deben incorporarse, mediante labores, en la capa superficial del suelo (10-15 cm). Deben realizarse de forma paulatina para impedir el bloqueo de micronutrientes y de forma separada de la enmienda orgánica, ya que al poner en contacto la materia orgánica fresca con la cal puede desprenderse amoniaco.

Las enmiendas calizas tienen como objetivo también la corrección de los suelos ácidos. Para la corrección de suelos alcalinos se recurre al empleo de azufre, aunque estas correcciones sólo sean transitorias.

La recuperación de suelos alcalinos o salino-alcalinos, se efectúa con una previa acidificación del suelo, siendo el procedimiento más usual la aplicación de yeso (CaSO_4), posteriormente se debe efectuar un lavado del suelo, siempre que tengamos asegurado el drenaje. Erróneamente se suele efectuar un lavado del suelo sin acidificación previa, lo que puede producir un efecto contrario al pretendido; ya que se conseguiría una disminución de la salinidad total del suelo, pero también un aumento de la sodicidad, pues el ion sodio estaría aumentando su proporción respecto a los demás cationes del complejo de cambio, ya que estaría retenido con preferencia a los demás cationes y no se lavarían.

Con el tratamiento de CaSO_4 se consigue intercambiar dos iones Na^+ del complejo de cambio por cada ion Ca^{2+} aportado según la reacción: CaSO_4 (aportado) + $2\text{Na}^+ \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ (drenado) + Ca (que pasa al complejo). El Na_2SO_4 se elimina en el drenaje con facilidad, con lo que disminuye progresivamente el Na existente en el suelo a cambio de aumentar el calcio.

Uso de hidrorretenedores

Hace más de 30 años se empezaron a ensayar productos naturales y sintéticos con el fin de mejorar la capacidad de retención de humedad de los suelos. Destacan, entre ellos, los polímeros hidroabsorbentes que fueron desarrollados a principios de los años ochenta. La base química de estos polímeros reside en la propiedad que tienen de absorber, almacenar y ceder su contenido en agua. Los di-

ferentes tipos de enlace entre las moléculas del compuesto permiten una diferenciación importante entre los diferentes hidrogeles, el éxito agronómico de algunos de ellos se atribuye a que retienen el agua por uniones débiles de tipo de Van der Waals que permiten un proceso reversible.

La aplicación de estos productos en xerojardinería puede ser decisiva siempre y cuando ofrezcan una calidad contrastada y avalada por ensayos de campo. Es necesario excluir aquellos hidroabsorbentes que, con éxito en otros mercados, retienen el agua con excesiva energía compitiendo con las raíces de las plantas. En esta línea existen productos muy específicos, que con mezcla de diferentes componentes y con aditivos mejoradores y coadyuvantes pueden tener gran interés. Sin embargo, no deben considerarse única alternativa, ya que las enmiendas orgánicas clásicas, en la mayoría de los casos, aportan resultados más satisfactorios.

Es interesante destacar, además del control de calidad de los hidrorretenedores, la necesidad de una adecuada aplicación. Para ello debemos remitirnos a los fabricantes y solicitarles recomendaciones específicas para nuestras necesidades y resultados experimentales que contrasten la rentabilidad del producto. De forma general, una vez elegida la dosis adecuada, debe realizarse una mezcla homogénea del producto con el suelo o sustrato a emplear, realizando la aplicación en seco, y posteriormente realizar un riego abundante para conseguir la hidratación de gel. Se suele recomendar realizar un recubrimiento del suelo con una capa de arena u otro producto para reducir la evaporación y mantener la humedad del suelo, tal y como veremos en el siguiente apartado.

Empleo de cubiertas del suelo

El efecto de cubrir el suelo (**mulching**) con distintos materiales proporciona múltiples beneficios en cuanto a la regulación de la humedad del mismo. Un primer resultado del empleo de cubierta del suelo es la mejora en la infiltración. Es decir, en la cantidad de agua que atraviesa los primeros centímetros del suelo, y que aporta beneficios a la economía del agua y a la distribución regular de la misma. Además, el agua se introduce en el suelo en el lugar en que cae, reduciéndose los fenómenos de escorrentía superficial responsables de fenómenos de erosión del suelo. También se consigue que no se acumule en exceso, en las zonas más bajas, y se distribuya de forma más uniforme sobre el terreno, sin establecer gradientes de humedad entre unas zonas y otras. Otros aspectos positivos del empleo de una cubierta vegetal del suelo son la regulación de la temperatura del suelo, evitar la formación de costras en la superficie del suelo y reducir la emergencia de malas hierbas.

Para la realización de la cubierta deben elegirse materiales de grano superior al suelo con el fin de provocar una discontinuidad en el paso del agua, aunque el grano debe ser suficientemente fino como para mantener la humedad. Entre los materiales empleados están diferentes productos orgánicos como: cortezas de pino, virutas de madera, y hojas secas, entre otros. La cubierta del suelo se realizará so-

bre el suelo suelto, evitando que la interfase suelo-cubierta permita crear una lámina de agua que se pierde por escorrentía. Los nutrientes procedentes de las cubiertas vegetales se incorporan al suelo al descomponerse éstas, pero no siempre puede predecirse su ritmo de incorporación ya que depende, entre otros factores, de la humedad del suelo. Fundamentalmente los elementos incorporados son nitrógeno, fósforo y potasio con el consiguiente efecto beneficioso para el suelo. La degradación de la capa vegetal del suelo implica que debe ser restituida periódicamente con el fin de mantener su eficacia.

La fertilización

El manejo de los fertilizantes en la xerojardinería debe ser especialmente esmerado. Una dosis adecuada de fertilizante y una nutrición adecuada incrementa la extensión del sistema radicular, las plantas desarrollan por tanto un mecanismo que permite una mejor asimilación del agua y una mayor economía de la misma.

El agua se pierde en el suelo de tres modos diferentes: evaporación, transpiración y percolación. Con una cobertura vegetal más completa, se evapora menos agua directamente del suelo y una mayor parte va a parar a la planta. La fertilización adecuada proporciona una cobertura vegetal más rápida y de este modo reduce la pérdida de agua del suelo por evaporación, además, un suelo con cubierta poco densa percibe mayor radiación solar y evapora gran cantidad de agua directamente de un suelo húmedo.

En las plantas se dan muchas interacciones entre los nutrientes y el agua como, por ejemplo, las siguientes (Tisdale y Nelson, 1991):

1. La planta deficiente en potasio está flácida. El aporte de potasio incrementa la turgencia y ayuda a mantener el balance interno de agua y la hidratación del protoplasma. En general, la intensidad de la transpiración se incrementa con la deficiencia de potasio. Y éste, añadido a las plantas con deficiencia, incrementa la resistencia a la sequía.

2. Una concentración iónica elevada de nutrientes en el interior de la célula incrementa la presión osmótica en el soluto y, en consecuencia, la capacidad de la planta para resistir una mayor presión acuosa en el suelo.

3. La deficiencia de agua en la planta afecta a todos los procesos del desarrollo de la célula, incluyendo crecimiento y maduración, y produce reducción de la actividad fotosintética, relacionada con el menor aporte de carbónico, causado por el cierre de los estomas.

4. En un suelo pobre en fósforo, si se añade, acelera la madurez y las plantas se desarrollan en un período más corto.

Señalar que la eficacia del empleo del agua es la relación entre la producción de materia seca y el agua empleada; cualquier método que promueva el desarrollo vegetal y un uso más eficaz de la energía solar en la fotosíntesis, para incrementar la producción de la materia seca,

también incrementa la eficacia del empleo del agua, reduciendo la evaporación directa del agua del suelo a la vez que preserva al mismo de problemas de erosión. ◀

Bibliografía

Gascó, J.M. 1985. Regímenes de humedad de los suelos de la Sierra de Madrid. D.G.R.H., Plan Integran de Abastecimiento de Agua a Madrid PIAAM, Canal de Isabel II.

Gascó, J.M. 1996. El edafoclima en la evaluación de suelos. En: Evaluación y manejo de suelos. Ed. J. Aguilar, A. Martínez y A. Roca.

Guerrero, A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Hontoria, C. 1995. El régimen de humedad de los suelos de la España peninsular. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Manual de Prácticas y actuaciones agroambientales, 1996.

Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Ed. Agrícola Española y Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Newhall, F. 1972. Calculation of soil moisture regimes from the climates record. Soil Survey Invest. Rep., USDA SCS, Washington D.C.

Payne, D. 1992a. El comportamiento del suelo. En: Wild, A., 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-prensa. Madrid.

Payne, D. 1992b. Estructura del suelo, laboreo y comportamiento mecánico. En: Wild, A., 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-prensa. Madrid.

Richards, L.A. 1949. Methods of measuring soil tension. Soil Sci., 68:95-112.

Saña, J., J.C. Moré y Cohí, A. 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Ed. MAPA. Madrid.

Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. SCS, USDA, Agric. Handbook N°436. Washington.

Tisdale, S.L. y W.L. Nelson 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed Uteha. México.

CAPITULO 3

El agua en xerojardinería

La sequía y la jardinería

Reflexiones sobre las restricciones hídricas y el uso de aguas de mala calidad agronómica

Ricardo Avila Alabarces (*)

► Introducción

«...y ante la pertinaz sequía que nos invade, queda totalmente prohibido lavar coches, regar calles y jardines». Así rezaban cientos de bandos municipales en los pasados años cuando sufríamos una reiterada y grave falta de lluvia.

Lo paradójico del hecho es que pocas fechas antes, los ediles firmantes de los bandos, aparecían ufanos inaugurando parques, jardines, zonas verdes, etc., áreas, todas ellas grandes consumidoras de agua y actuando como si nunca fuese a faltar o, al menos, escasear, el preciado elemento. Y no es que propugne la prohibición de crear nuevas zonas vegetales. Nada más lejos de la realidad. Lo que intento plasmar en estas líneas es una serie de reflexiones, para que la toma de decisiones, tanto de técnicos como de jardineros y gestores de áreas verdes, sostengan un debate interno, primero, y colectivo después, sobre lo que puede ocurrir en su diseño cuando el agua no sea suficientemente abundante.

Lo que descubrió la sequía

La primera consecuencia de la sequía ha sido la desaparición de innumerable cantidad de plantas, de más o menos valor real y en casos, de valor afectivo, histórico, personal o colectivo, de no poca importancia. Lo que ocurre es que, eso ya, es inevitable. Los datos han aparecido en medios de comunicación o están guardados en cajones donde morirán enterrados en otros informes. Lo realmente importante es lo que nos ha quedado, y digo importante, porque es lo que estamos recuperando y, sobre todo lo que tenemos que evitar para situaciones similares venideras.

El efecto consecuente más importante que nos dejó la sequía, fue una debilidad general en los vegetales no herbáceos. No es casual que el brote tan virulento de grafiosis sufrido por la olmeda de la Alhambra haya coincidido con la última sequía, todos sabemos la relación existente entre DEBILIDAD ⇒ TRANSMISIÓN ⇒ HONGO. Las plantas de nuestros jardines, han registrado ataques inusuales, por lo agresivos, de pulgones, ácaros y otros parásitos, que no suelen ser habituales en años agronómicos normales y que han acentuado el mal estado de la vegetación y han incrementado los costos de mantenimiento.

La primera conclusión lógica para próximas situaciones similares, después de un periodo prolongado de estrés hídrico, es la necesidad de tomar medidas de tipo preventivo para frenar la mayor agresividad de los patógenos por la debilidad de las plantas.

La disminución de masa vegetal, por autorregulación o como consecuencia de las podas de reducción, ha producido una merma en la calidad vegetal de nuestros jardines, por tanto la segunda medida, después de una sequía, es la recuperación con programas de choque, con un plan racional de abonado, riego y podas de reequilibrio.

Antes de continuar con qué hacer, creo que deberíamos reflexionar sobre: ¿qué hemos hecho mal, para llegar a esto? o, ¿qué no debemos hacer?

La sequía ha puesto en evidencia que la elección de especies no es, en la mayoría de los casos, el fruto de un estudio serio de adaptabilidad a la zona, con su clima, y al enclave, con su microclima y sus factores de modificación

(*) Ricardo Avila Alabarces: Técnico del Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada. Coordinador del Programa de Jardinería y Ornato Floral y Coordinador del Programa de Formación sobre Riego Localizado de Alta Frecuencia en Cultivos de Vega.

ambiental. A veces por la oferta de viveros innovadores, por propio esnobismo del diseñador o por capricho del concejal viajero, se introducen especies inadecuadas que a la más mínima variación ambiental se resienten por la falta de humedad relativa, el exceso de radiación solar reflejada, las altas temperaturas, etc.

En la Figura 1, podemos observar el distinto comportamiento de dos especies: *Aesculus hippocastanum*, con las hojas totalmente secas y *Populus bolleana*, verde y frondoso. Las dos plantas en la misma plaza, con el mismo riego, pero, eso sí, con necesidades ambientales totalmente distintas. Hubo una mala elección.

Este problema se acentúa cuando en una misma ubicación espacial introducimos especies con necesidades muy distintas de agua. Lo que podría ser un fácil manejo, con técnicas de riego deficitario, para mantener a las especies de menos requerimiento hídrico, suponen un riesgo para la supervivencia de las especies de mayor requerimiento. Si hacemos un manejo en función de la mayor demanda, siempre habrá especies sobredotadas y, por tanto, agua despilarrada.

Nuestro aprendizaje de estos problemas nos deben conducir a cuidar la elección de especies, pensando siempre en las situaciones más desfavorables que se prevean, llevando a la práctica el diseño de hidrozonas, tan útil para la reducción de consumo de agua y bastante más fácil de manejar en situaciones críticas.

En otro sentido, también se debe considerar la introducción de especies de marcada resistencia a la sequía. Suelen considerarse de menor valor ornamental, pero bien utilizadas en el diseño, pueden dar un gran resultado estético y suponer un ahorro de agua importante.

Cuando las condiciones habituales de cultivo cambian drásticamente, es cuando más se ponen de manifiesto las cosas que no se han hecho bien. El manejo del agua de riego induce a las plantas a conformar el sistema radicular a la búsqueda de humedad fácil y disponibilidad de nutrientes. Cuando fallan los aportes habituales, si el manejo de riego ha reforzado los sistemas radiculares superficiales, la planta no tiene recursos alternativos. Su raíz no ha tenido necesidad de explorar más allá de donde lo tenía todo y es más vulnerable a la falta de suministro hídrico.

Un buen manejo del riego y los fertilizantes, deben fomentar la configuración de sistemas radiculares profundos, esto hará que en casos de necesidad, la planta tenga mayor defensa y que nosotros, en labores de auxilio, dispongamos de mayor volumen de suelo donde almacenar reservas.

El problema se agrava cuando además es imposible prestar auxilio a la planta. ¿Alguien puede explicar cómo podríamos suministrar a la planta de la Figura 2, los 1.000 litros de agua semanales que debe transpirar para mantener sus constantes vitales, si dispone de un alcorque de 0,36 m², ocupado en su mayor parte por el propio tronco? Aún teniendo el recurso, no tenemos la vía para administrarlo. ¡Ah! Se me olvida, los alrededores, en 4 km², están asfaltados o con aceras.

Debemos pues, centrar la reflexión en este punto. Si en el tema de alcorques, se está actuando mal para situaciones de normalidad, no digamos, para casos de extrema sequía. Los alcorques de nuestros árboles deberían contar con superficies horizontales suficientes y además con espacios abiertos al agua y al aire en sentido vertical. Con ello cumplimos un triple objetivo: facilitamos el intercambio de gases (no olvidemos que la raíz respira); favorecemos la penetración profunda del agua fomentando el desarrollo de sistemas radiculares más extensos y sólidos; y los aportes, en casos de socorro, se harán más fácil y eficazmente.

Medidas más agresivas

No obstante, cuando se presenta un problema de sequía, aún habiendo actuado correctamente en la planificación, ejecución y mantenimiento de nuestros jardines, se hace necesario mostrar cierta agresividad en la toma de decisiones. Se trata de priorizar salvando aquello que más valor tiene, no sólo desde el punto de vista económico, sino desde el prisma de su función social y de su impacto en restar factores de disconfor al medio. Esto se tiene que entender desde el punto de vista de una política ágil de transferencia de uso del agua.

En la pasada sequía, presentábamos un plan de choque para evitar los daños irreparables por restricciones de agua en un parque de reciente implantación en Granada, el Parque Federico García Lorca. Resumidamente, planteábamos una pregunta: ¿qué es más rentable, una hectárea de parque o una hectárea de maíz? La respuesta la podríamos encontrar en el siguiente planteamiento: el citado parque cuenta con una superficie de 7 Ha. Da empleo directo a 14 personas, lo que arroja una cifra de 2 empleos/Ha. Registrando unas 2.000 visitas diarias en jornada laboral y unas 9.000 en fines de semana, generando un bien social incuestionable. Consume 23.000 m³ de agua por temporada de riego para mantener aceptablemente su aspecto vegetativo. Con esa cantidad de agua se podrían satisfacer las necesidades hídricas de 2,5 Ha de maíz en la vega de Granada, con un índice de ocupación de unos 15 jornales por Ha y año y unos ingresos brutos totales de 900.000 ptas en las 2,5 Ha. Siendo el maíz un cultivo no de primera necesidad, ¿debería la sociedad que disfruta el parque, en casos de extrema sequía y para evitar daños irreparables, pagar al agricultor la retirada temporal del cultivo a cambio de mantener en perfecto estado de uso y disfrute este área de ocio? La conclusión es bien sencilla.

Un gran número de especies, ante una situación de sequía, son capaces de adoptar distintas estrategias: pérdida de hojas, limitación de los procesos de evaporación, pérdida de masa foliar, incluidas pequeñas ramas en los extremos, etc. Cuando es previsible este comportamiento podemos adelantarnos a la reacción del árbol y, mediante podas, realizar los reequilibrios necesarios para que la masa eliminada sea en las zonas del árbol que menos pérdida estética produzca.

En casos muy concretos, puede incluso recurrirse al empleo de antitranspirantes, si bien esta medida hay que utilizarla con comedimiento y no siempre de manera continuada sobre los mismos ejemplares.

Uso más eficiente del agua

En los cursos de jardinería celebrados en el Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada, los asistentes tuvieron ocasión de comprobar en más de 20 instalaciones de riego de jardines, públicos y privados, próximos al Centro, que todas, excepto dos, presentaban deficiencias de diseño o manejo. Sin que el estudio tenga el suficiente rigor para ser representativo, sí pone de manifiesto que hay un mal uso del agua, y que parte de él, es imputable a los equipos.

El buen uso del agua, parte de varias premisas: es necesario determinar adecuadamente las necesidades hídricas del jardín, pero no sólo para épocas de total disposición de agua, sino que es necesario estudiar los límites del riego deficitario que serán los que manejaremos cuando aparezcan situaciones críticas. Será necesario controlar el consumo, por lo que deberemos dotar la instalación con equipos de medida de gasto que nos permita controlar y, en su caso, penalizar los derroches. Son necesarios los contrastes en campo para comprobar que el agua de riego llega a las profundidades deseadas. En suelos ligeros las pérdidas por lixiviación profunda pueden alcanzar gran importancia, por lo que el estudio de pluviometrías, duración y frecuencia de riego será necesario para cada caso.

Detectado también en el muestreo de los asistentes a los cursos citados, fue la falta de uniformidad en la aplicación del agua, tanto en el solape de los aspersores como en distribución de los emisores, en el caso del goteo.

En la Figura 3, observamos los efectos en césped de una falta de uniformidad de riego. La respuesta inmediata a esta situación es la de regar sobredosificando para que las zonas más desfavorecidas por la pluviometría no pasen sed. Por ello, las zonas bien dotadas recibirán una cantidad superior de agua a la mínima necesaria, con las consecuencias de despilfarro, el riesgo de fisiopatías por asfixia radicular y la mayor predisposición a los ataques de patógenos.

El diseño debe cuidar concienzudamente estos aspectos para que el ahorro de agua sea real y estos equipos sirvan eficientemente para luchar contra la sequía en riegos deficitarios.

Aplicar bien el agua no debe ser suficiente. Es necesario que evitemos las pérdidas inútiles. Se mencionaba anteriormente que una pérdida importante es el riego a mayor profundidad de la necesaria. Las otras pérdidas considerables se registran por escorrentía superficial y por evaporación de las áreas regadas carentes de vegetación. La escorrentía superficial es cada vez menos representativa, dado que los riegos a pie en los jardines están siendo susti-

tuidos por la aspersión y el goteo. Los sistemas de cobertura total (aspersión, difusión y nebulización) tienen una alta tasa de pérdida por evaporación. En estos sistemas de riego el agua utiliza el aire para desplazarse desde el emisor hasta el suelo, cuando las temperaturas son altas, hay humedad relativa baja o el viento es importante, se produce una pérdida de agua antes de que la gota llegue a su destino. La toma de decisiones del sistema de riego tendrá que tener en cuenta estos parámetros climatológicos para evitar la falta de eficiencia por estas circunstancias.

Una vez el agua en el suelo, si este está desnudo, el agua pasa a la atmósfera sin más beneficio para la vegetación que una ligera elevación de la humedad ambiente. Ante situaciones de jardines con zonas de suelo desnudo, debemos a toda costa evitar este tipo de pérdidas de agua. Las soluciones pasan por no mojar el suelo desnudo, para lo que habría que disponer de equipos adecuados, o evitar la evaporación, con sistemas como el mulching a base de cortezas, acículas de pino, cantos rodados, etc., que acondicionan el suelo y no sólo evitan las pérdidas de agua de riego, sino que también limitan las pérdidas de agua que asciende por capilaridad de capas más profundas y, además, controlan o reducen la aparición de malas hierbas que competirán con las plantas cultivadas en el consumo de agua, fertilizantes y luz.

En cuanto a los propios sistemas de riego, los que más eficientemente se muestran son los localizados y, si se salvan los inconvenientes de manejo excesivamente complicados para la mayoría de los jardines, los más adaptados al criterio de ahorro de agua serán los localizados enterrados.

El uso de aguas de mala calidad agronómica

Cuando el agua de calidad agronómica aceptable falta o se hace escasa, se recurre a fuentes de agua alternativa (reciclada o de sondeos) que puede no reunir las condiciones adecuadas para el riego. De igual forma, si los acuíferos se sobreexplotan, se puede degradar la calidad del agua. En ambos casos el uso circunstancial o continuado de este tipo de aguas requerirá un manejo especial y más esmerado en los riegos.

El diseño de un jardín debería indefectiblemente ir precedido de un análisis de suelo y de agua, que aparte de una válida información para la elección de las especies, nos aportará los parámetros imprescindibles para la elección del sistema de riego, de los componentes del equipo y de las pautas de manejo. Sería conveniente que los nuevos diseños de jardín contaran con redes específicas e independientes de riego por donde pudiesen circular aguas recuperadas y debidamente recicladas con menor requerimiento de calidad que las de uso doméstico.

Los parámetros analíticos fundamentales para este fin son: los que pueden modificar el manejo (salinidad, pH y dureza); los que condicionarán el sistema (calidad química); y los que determinarán el equipo (calidad física, biológica y química).



Figura 1. Distintas formas de adaptarse al medio.



Figura 2. Alcorque ridículamente pequeño.

Si el agua es salina, condiciona no sólo el presente sino el futuro del jardín. Los componentes químicos se acumularán en el suelo, produciéndose una degradación progresiva si no se pueden eliminar. La gravedad del problema está ligada a la propia calidad del agua, la textura del suelo y subsuelo y a la disponibilidad de agua exenta de sales para efectuar lavados periódicos. En suelos ligeros es relativamente fácil realizar estos lavados, cuando el suelo es pesado puede ser necesario dotar el jardín de sistemas de drenaje para eliminar los lixiviados.

Según el Comité de Consultores de la Universidad de California, los parámetros referidos a la salinidad y reflejados en la Tabla 1, nos puede orientar en la determinación de los riesgos de uso de agua según los contenidos en sales. Los problemas serán mayores en la medida que suelo y subsuelo contengan más arcilla y menos elementos gruesos que faciliten los lavados y limiten las retenciones.

Tabla 1.

Clasificación de las aguas de riego basada en la Conductividad Eléctrica (CE) a 25 °C

Indice	CE mmhos/cm	Sales g/litro	Riesgo de salinización
1	< 0,75	< 0,58	Bajo
2	0,75 - 1,5	0,58 - 0,96	Medio
3	1,5 - 3	0,96 - 1,92	Alto
4	>3	>1,92	Muy alto

La salinidad va a condicionar también la elección del sistema de riego. Cuando usamos sistemas de cobertura total y mojamos la totalidad o parte del área foliar, al evaporarse el agua, las sales contenidas quedan depositadas en las hojas y su acumulación puede producir quemaduras con el consiguiente daño para el vegetal. Algunos elementos salinos como el cloro o el sodio pueden ser tóxicos si son absorbidos por la hoja en determinadas concentraciones, por lo que habrá que evitar el contacto del agua con alta concentración en estas sales con las hojas aplicándola de forma localizada.

En caso de localizar el agua, se crea un bulbo húmedo en el suelo sometido a lavado continuo donde se desarrollan la mayor parte de las raíces y cuya concentración salina no suele ser muy superior al de la salinidad del agua. Esto hace que el sistema de riego localizado sea el más adecuado cuando nuestras aguas posean cierto nivel salino. La utilización de riegos localizados en condiciones de aguas salinas modificará el manejo del riego. Se deben sobredosificar las necesidades de la planta, con una fracción de agua destinada al lavado de sales y al mantenimiento del anillo salino exterior alejado de las raíces. La dosis de lavado estará relacionada con el contenido de sales del agua usada y la concentración máxima en suelo tolerada por cada planta. Por tanto, las dosis de lavado serán mayores para agua de peor calidad y menor tolerancia del cultivo.

El incremento de dosis de agua para lixiviación de sa-



Figura 3. Falta de uniformidad de riego en césped.



Figura 4. Planta de petunia con síntomas de salinidad.

les es necesario en el empleo de aguas salinas indistintamente del sistema de riego utilizado. Además, con la periodicidad que lo permita la disposición de agua de buena calidad, es necesario efectuar riegos abundantes de lavado para eliminar las sales acumuladas.

El anillo salino, llega a tener una alta concentración y hay que evitar, especialmente en casos de lluvia, que entre en contacto con la zona radicular. Cuando llueve sobre un jardín sometido a estas condiciones, es imprescindible mantener el riego localizado funcionando, para evitar la inversión del flujo de agua en el bulbo y la penetración de sales en el área radicular.

Los efectos de las aguas y suelos salinos en las plantas manifiestan sus primeros síntomas por la aparición de clorosis en las hojas jóvenes (ver Figura 4). En fases siguientes, la planta ralentiza o detiene su crecimiento y según la concentración de sales, aparecen bordes secos en las hojas de los extremos pudiendo desembocar, si el problema persiste, en la muerte de la planta.

Cuando se prevea este problema, debemos diseñar jardines con plantas tolerantes a la salinidad y dotar a los suelos de sistemas de evacuación de lixiviados, bien para las dosis de lavado en riego como para los lavados periódicos. Una capa de grava bajo el suelo de cultivo o un sistema de drenaje, suelen ser la mejor y, quizá, la única solución para estos casos.

Otros aspectos del manejo de riego en condiciones de salinidad están relacionados con la frecuencia en aportar el agua y con el uso de los fertilizantes. En cuanto a la frecuencia de aportación, es necesario evitar que el suelo se seque para que no se produzcan concentraciones excesivas de sales o que éstas asciendan por capilaridad desde capas más pro-



Figura 5. Planta de adelfa con depósitos calizos en hoja.

fundas. La elección de abonos se hará entre los de menor poder salinizante y su aplicación lo más fraccionada posible.

La concentración de algunas sustancias químicas disueltas en el agua de riego será determinante en la elección de las plantas componentes del jardín, y condicionarán los componentes de la instalación del equipo de riego.

Por encima de 500 ppm de cloro es probable que existan problemas de toxicidad para la mayoría de las plantas, estando este límite muy por debajo, en torno a 100 ppm, para plantas sensibles a este elemento. Los límites de tolerancia para el sodio se encuentran entre 200 y 300 ppm para la mayoría de las especies cultivadas.

Los sulfatos, en cantidades superiores a 400 ppm, resultan corrosivos para conducciones o elementos metálicos, por lo que con tasas superiores a estas cifras será necesario recurrir a elementos de PVC o PE para realizar las instalaciones.

La dureza del agua (determinada por el calcio y el magnesio) y los carbonatos, son los principales responsables de los precipitados químicos en emisores de paso reducido (goteros y nebulizadores). Con dureza superior a 40°F (grados hidrotimétricos franceses) y carbonatos más altos de 250 ppm, especialmente si el pH es alto (más de 7), es necesario dotar a los equipos de riego de dosificadores de ácido que reduzcan el pH, evitando la formación de precipitados y la consiguiente obturación de los emisores.

Con cifras algo más altas (>50°F de dureza y >300 ppm de carbonatos) usando sistemas de riego de cobertura total, los precipitados depositados en las hojas (Figura 5) producen una pérdida de valor visual de la vegetación, reduciendo las tasas de fotosíntesis y, en casos agudos, quemaduras en las hojas. Si éste fuese el problema, habría que pensar en sistemas alternativos de riego en los que no exista contacto del agua con el follaje.

El hierro en el agua de riego genera los mismos problemas que el calcio y el magnesio. Por encima de 1 ppm, al precipitar en las hojas mojadas por el riego, se produce un orín ferruginoso que afea la planta e incluso pueden llegar a manchar la ropa o las manos si se entra en contacto continuado con ellas.

El hierro también pueden producir precipitados en conducciones o emisores. Se debe eliminar por oxidación y precipitación, aireando el agua en las balsas previas a la toma del equipo. La reducción del pH a niveles inferiores a 5 disuelve el precipitado en las redes.

Como hemos visto anteriormente, el pH juega un papel importante en la prevención y solución de los problemas de obturaciones. Para el equipo de riego sería ideal si pudiésemos usar aguas de pH 3 ó 3,5, pero esto crearía verdaderos problemas en nutrición y desarrollo de las plantas. La mayoría de ellas encuentra su punto óptimo para realizar su actividad nutricional entre 6-8; luego, de la conjugación de esta necesidad y el riesgo de obturaciones tendremos que obtener el pH ideal de trabajo.

No obstante, se suele recurrir al riego con agua de pH ajustado al cultivo y en la última fase de riego se baja a 3,5 aproximadamente, para que las conducciones queden llenas con agua a esta concentración y no se produzcan los precipitados o se disuelvan éstos. En el siguiente riego, el contenido de las conducciones será evacuado y mezclado con agua abundante de riego para evitar sus efectos nocivos.

Si el agua destinada a nuestro riego procede de canales abiertos, embalses o pozos, puede arrastrar partículas sólidas, que crearán problemas, tanto más graves, cuanto más abundantes y de mayor diámetro sean. Si este es el caso, es necesario eliminarlos antes de entrar en el equipo. Cuando las partículas son superiores a 75 micras, el sistema más barato para aguas sin presión es la construcción de balsas de precipitado. Si el tamaño es menor de ésta medida se puede recurrir al uso de floculantes para favorecer y acelerar el proceso. En caso de disponer de agua a presión, los sólidos se pueden eliminar con un hidrociclón.

Si el agua arrastra partículas orgánicas, la instalación deberá dotarse de un sistema de filtrado a base de lecho de arena y siempre, el último elemento en cualquier cabezal de riego será un filtro de malla o anillas con un paso de filtrado diez veces menor del paso del emisor.

Conclusiones

El principio básico de uso eficiente de agua debe estar presente en todas nuestras acciones de diseño, implantación y manejo del jardín, estemos o no inmersos en situaciones de sequía o abundancia. Nuestros jardines deben ser ejemplo de uso racional de los recursos limitados como es el agua, no olvidando que cada día que pasa de un periodo de abundancia de agua, estamos un día mas cerca de la próxima sequía. Los puntos clave en la toma de decisiones deben ser, entre otros:

- Partir del conocimiento de agua, suelo y plantas para hacer un diseño y manejo eficiente del jardín.
- Estudio real de necesidades hídricas del jardín con criterios de uso deficitario del agua.
- Optimización de las áreas de alto consumo, seleccionando hidrozonas para la ubicación de grupos de plantas de requerimiento parecido.
- Realizar la elección de especies atendiendo al criterio de sus requerimientos hídricos y con umbrales amplios de adaptación a nuestros límites climáticos.
- Maximizar la eficiencia del uso del agua, diseñando y manejando adecuadamente los equipos.
- Minimizar las pérdidas de agua inútil de lixiviado, evaporación y escorrentía.
- Actuar agresivamente en situaciones de sequía con medidas agronómicas y de gestión del agua.
- Dotar a las áreas verdes de redes específicas de riego.



Bibliografía

Avila, R., A. Cabello, J. Lirola, F. Ortíz y A. Martín. 1997. Agua riego y fertirriego. Junta de Andalucía. Sevilla. (ISBN 84-89802-009).

Fuentes Yagüe, J. 1996. Técnicas de riego. M.A.P.A. Madrid. (ISBN 84-491-073-5).

Burés, S. 1993. Xerojardinería. Ediciones Horticultura. Reus. (ISBN 84-87729-11-8).

Cánovas, C. J. Calidad Agronómica del agua de riego. Mundi Prensa. (ISBN 84-341-0693-0).

Ayers, R.S. y D.N. Wescot. 1984. Calidad del agua para la agricultura FAO. Roma (ISBN 92-5-30009-7).



Las necesidades de riego del jardín tienen relación con las fases de planificación, instalación y mantenimiento de jardines con riego.

CAPITULO 4

Cálculo del riego

Estimación de las necesidades de riego de los jardines

Dr. Laurence R. Costello (*)

(Traducción y adaptación: Silvia Burés)

► Introducción

Este capítulo describe como estimar las necesidades de riego del jardín. Se seguirá un proceso paso a paso que describe los conceptos, términos y fórmulas necesarias para calcular las necesidades de agua. Se aprenderá:

- Las fórmulas clave necesarias para estimar las necesidades de agua.
- Los conceptos principales que sirven de base para los cálculos.
- Como usar las estimaciones en la planificación y el manejo del riego.
- Aspectos a tener en cuenta en la aplicación a plantaciones especiales.

Esta información será especialmente valiosa para los jardineros profesionales que tienen relación con las fases de planificación, la instalación y el mantenimiento de jardines con riego. Este grupo incluye a los arquitectos, planificadores, contratistas, directores de parques, jardineros, consultores, suministradores de agua y auditores. También los estudiantes desarrollarán una perspectiva útil sobre el manejo del agua en jardinería así como aprenderán a calcular los requerimientos de agua.

La estimación de las necesidades hídricas son importantes para los profesionales de la jardinería por, al menos, tres razones:

1) Conservación del agua. El agua es un recurso natural limitado. El uso eficiente del agua en jardines urbanos contribuye substancialmente a la conservación de este recurso. La eficiencia en el uso del agua se puede conseguir suministrando la cantidad de agua suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas, pero sin sobrepasar estas necesidades. Los métodos que se presentan aquí proporcionan la información necesaria para calcular la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de las plantas.

2) Economía. Los costes del agua siguen aumentando. Se puede ahorrar dinero aplicando sólo el agua realmente necesaria y evitando su uso excesivo.

3) Calidad del jardín. El potencial de daños causados por déficits hídricos o por exceso de agua se puede minimizar identificando la cantidad adecuada de agua de riego necesaria para mantener una buena salud y aspecto de las plantas.

Estimación de las necesidades hídricas de los cultivos y céspedes

Las necesidades de agua de los cultivos agrícolas y céspedes han sido establecidos en el laboratorio y en estudios de campo midiendo la pérdida de agua por las plantas

(*) *Dr. Laurence R. Costello: Desde 1981 hasta el presente: Consejero de Horticultura Ambiental, Servicio Cooperativo de Extensión Agraria de la Universidad de California, Davis, California, EE.UU. Dirige un programa de investigación y educativo en Horticultura Paisajista y Forestación Urbana. Su investigación está enfocada en el manejo del agua en jardinería, relaciones de aire en el suelo, desarrollo de raíces en suelos con restricciones y manejo de árboles peligrosos. Obtuvo su doctorado (Ph.D.) en Fisiología Vegetal en 1981 por la Universidad de California en Berkeley; es Master en Horticultura (1974) por la Universidad de California en Davis y licenciado en Ciencias Vegetales (1972) por la Universidad de California en Davis.*

(evapotranspiración). La cantidad total de agua perdida durante un periodo determinado de tiempo da una estimación de la cantidad que debe aplicarse mediante el riego. Dado que los agricultores y encargados del mantenimiento de céspedes en general no están equipados para medir las pérdidas de agua en el campo, se desarrolló una fórmula que permite calcular las pérdidas de agua para diversos cultivos y especies de cespitosas. Esta fórmula (que de ahora en adelante se denominará fórmula de la ETc) se escribe del modo siguiente:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Evapotranspiración del cultivo = Coeficiente de cultivo x Evapotranspiración de referencia

Esta fórmula indica que la pérdida de agua de un cultivo (evapotranspiración del cultivo, ETc) iguala a la cantidad de agua que se evapora por una planta herbácea de estación fría de 10 a 18 cm de altura (que no padezca estrés hídrico) creciendo en condiciones de campo abierto (evapotranspiración de referencia, ETo) multiplicado por un factor determinado por el cultivo en particular (coeficiente de cultivo, Kc).

La evapotranspiración de referencia (ETo) se estima a partir de una cubeta de evaporación de clase A o bien a partir de una estación meteorológica especializada. Los datos son publicados periódicamente por los centros meteorológicos.

El coeficiente de cultivo (Kc) se determina a partir de ensayos de campo. La pérdida de agua de un cultivo se mide durante un periodo largo de tiempo. La pérdida de agua y la evapotranspiración de referencia estimada se utilizan entonces para calcular Kc del modo siguiente:

$$Kc = ETc / ETo$$

Como se puede ver en la ecuación de arriba, el coeficiente de cultivo (Kc) es simplemente la fracción de agua perdida por el cultivo en relación con la evapotranspiración de referencia. Típicamente, la pérdida de agua del cultivo es inferior a la evapotranspiración de referencia y por lo tanto, el coeficiente de cultivo es inferior a 1,0. Por ejemplo, si la pérdida de agua de un maíz (ETo) se midió en 10 mm en un mes y la evapotranspiración de referencia para el mismo mes fue de 20 mm, entonces el coeficiente de cultivo en este caso sería 0,5. Los coeficientes de cultivo se han establecido para muchos cultivos y para céspedes. Un ejemplo de sus valores se puede ver en la Tabla 1.

En resumen, la determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) se realiza a partir de los valores de evapotranspiración de referencia y conociendo el coeficiente de cultivo. Esto se puede realizar para cualquier localidad donde existan datos de evapotranspiración de referencia y para cualquier cultivo (o césped) que tiene asignado un coeficiente de cultivo. Los valores simplemente se entran en la fórmula de la ETc y se obtiene una estimación de la pérdida de agua por el cultivo.

Tabla 1.

Coeficientes de cultivo para varios cultivos y céspedes. Los valores de Kc para cultivos agrícolas varían de un modo generalizado a lo largo de las estaciones. Los valores bajos son para la estación temprana (marzo/abril) y los valores altos para la estación media (mayo/junio) en California.

	Valores de Kc	
	Bajos	Altos
Frutales de hoja caduca*	0,50	0,97
Frutales de hoja caduca con cubierta vegetal**	0,98	1,27
Viña	0,06	0,80
Olivo	0,58	0,80
Pistacho	0,04	1,12
Cítricos	0,65	todo el año
Césped:		
Especies de estación fría	0,8	todo el año
Especies de estación cálida	0,6	todo el año

Fuente: UC Leaflet 21427 y 21428.

*Frutales de hoja caduca incluye manzanos, cerezos y nogal.

** Cuando la cubierta vegetal está activa, Kc puede aumentar entre un 25 y un 80%.

La fórmula de la ETc es la fórmula clave para estimar la pérdida de agua de cultivos y céspedes. En la siguiente sección se utilizará una versión modificada de esta fórmula para estimar la pérdida de agua en jardines. Para ello es necesario familiarizarse bien con la fórmula de la ETc.

Estimación de las necesidades de agua de las especies de jardín

El método utilizado para estimar las necesidades de agua de las especies de jardín es básicamente el mismo que se utiliza para cultivos y céspedes. La fórmula de la ETc discutida previamente está simplemente modificada con el fin de ser aplicable a las plantaciones de jardín, con un sólo cambio principal: en lugar de utilizar Kc (el coeficiente de cultivo), se utiliza un coeficiente de jardín, K_L . Este cambio lleva a la deducción de la «fórmula para la evapotranspiración de un jardín».

La fórmula para la evapotranspiración de un jardín

Las necesidades de las especies de jardín pueden estimarse mediante la fórmula de la evapotranspiración de un jardín:

$$ET_L = K_L \times ETo$$

Evapotranspiración del jardín = Coeficiente de jardín x Evapotranspiración de referencia

Esta fórmula (que a partir de este momento se denomi-

ará ET_L) indica que las necesidades de agua del jardín (evapotranspiración de jardín ET_L) se calcula multiplicando el coeficiente de jardín (K_L) por la evapotranspiración de referencia (ET_0).

Como se indica más arriba, la fórmula de la ET_L es básicamente la misma que la ET_0 , excepto que se ha sustituido el coeficiente de cultivo (K_c) por el coeficiente de jardín (K_L). Este cambio es necesario puesto que existen importantes diferencias entre los sistemas de cultivo o de céspedes y las plantaciones de jardín (ver «Por qué se necesita un coeficiente de jardín»). En la práctica, K_L debe ser calculado. La fórmula necesaria para calcular K_L es la base del método del coeficiente de jardín y es el tema del próximo apartado.

La fórmula del coeficiente de jardín

Tal como el nombre indica, el coeficiente de jardín se estableció específicamente para estimar las pérdidas de agua de especies de jardín. Tiene la misma función que el coeficiente de cultivo, pero no se determina del mismo modo: los coeficientes de jardín se calculan a partir de 3 factores: **especie, densidad y microclima**. Los factores se utilizan en la fórmula del coeficiente de jardín del modo siguiente:

$$K_L = k_s \times k_d \times k_{mc}$$

Coeficiente de jardín = Factor especie x Factor densidad x Factor microclima

Esta fórmula (que a partir de ahora se denominará la fórmula K_L) indica que el coeficiente de jardín es el producto de un factor especie multiplicado por un factor densidad y por un factor microclima. El valor de K_L se puede determinar asignando valores numéricos a cada factor. El coeficiente de jardín se utiliza en la fórmula de la ET_L del mismo modo que el coeficiente de cultivo se utiliza en la fórmula de la ET_c .

Antes de seguir con la discusión de los factores que determinan el coeficiente de jardín, los lectores pueden referirse al tema «Por qué se necesita un coeficiente de jardín», que proporciona las bases del uso del coeficiente de jardín en lugar de un coeficiente de cultivo.

Por qué se necesita un coeficiente de jardín

Los coeficientes de cultivo se utilizan para cultivos agrícolas y céspedes, entonces, ¿por qué no para especies de jardín? Existen tres razones básicas por las cuales se necesitan los coeficientes de jardín:

1) A diferencia de un cultivo o césped, las plantaciones en los jardines están formadas típicamente por más de una especie. Especies distintas se riegan generalmente con una sola zona de riego, y las distintas especies dentro de una zona de riego pueden tener muy distintas necesidades de agua. Por ejemplo, una zona puede estar formada por hortensias, rododendros, alisos, juníferos, adelfas y olivos. Estas especies se considera generalmente que tienen necesidades de agua bastante distintas y la selección de un co-

eficiente de cultivo adecuado para una de las especies en particular puede no ser adecuada para las otras especies. Los coeficientes de cultivo adecuados para los jardines deben incluir alguna consideración sobre la mezcla de las especies que tienen lugar en la mayoría de los jardines.

2) La densidad de vegetación varía considerablemente en los jardines. Algunas especies tienen un área foliar mucho mayor que otras. Por ejemplo, un paisaje con árboles, arbustos, y plantas tapizantes agrupadas de forma compacta en una zona de reducidas dimensiones tendrán mayor área foliar que un paisaje con arbustos ampliamente espaciados en una zona con las mismas dimensiones. Una mayor área foliar representa un aumento en la evapotranspiración (pérdida de agua) para la plantación. Como resultado, se puede esperar que una plantación densa perderá mas agua que una plantación espaciada. Para producir una estimación fiable de la pérdida de agua, un coeficiente de jardín tiene que tener en cuenta esta variación en la densidad de vegetación.

3) Muchos jardines incluyen una variación de microclimas, desde zonas más frescas, sombreadas y protegidas hasta zonas cálidas, soleadas y ventosas. Estas variaciones en el clima afectan de un modo significativo a las pérdidas de agua por las plantas. Algunos experimentos en Seattle (Washington) demostraron que una plantación en una zona pavimentada puede tener una pérdida de hasta un 50% superior a la producida por plantas de la misma especie en zonas de campo abierto. Esta variación en la pérdida de agua causada por el microclima se tiene que tener en cuenta en un coeficiente que se utilice para plantaciones de jardín.

En conjunto, el número y variedad de especies, la variación en la densidad de vegetación y la variación en los microclimas hacen que las plantaciones de jardín sean bastante distintas de los cultivos agrícolas y céspedes. Estos factores se deben tener en cuenta cuando se hacen estimaciones de las pérdidas de agua para jardines, pero no se incluyen en el coeficiente de cultivo utilizado para cultivos y céspedes. El coeficiente de jardín se desarrolló específicamente para incluir estas diferencias que son características de las plantaciones de jardín.

Los factores del coeficiente de jardín: especie, densidad y microclima

Tres factores se utilizan para determinar el coeficiente de jardín:

- Especie.
- Densidad.
- Microclima.

Estos factores son elementos clave del método del coeficiente de jardín y se deben comprender perfectamente antes de realizar los cálculos de K_L y ET_L . Además de describir cada factor, las secciones siguientes dan información sobre cómo asignar valores a cada uno de ellos.



Cuando en el jardín se utiliza una sólo especie pueden utilizarse valores específicos para esta especie sobre sus necesidades de riego.

Factor especie (k_s)

El factor especie (k_s) se utiliza para incluir las diferencias en las necesidades de agua de las especies. En jardines establecidos, algunas especies son conocidas por requerir relativamente grandes cantidades de agua para mantener una buena salud y aspecto (por ejemplo, cerezo, abedul, aliso, hortensia, rododendro), mientras otras son conocidas por requerir poca agua (por ejemplo, olivo, adelfa, junípero). Además, muchos manuales de plantas indican las necesidades especiales de las plantas, y algunos incluyen listas de plantas tolerantes a la sequía. El factor especie tiene en cuenta esta amplia variación de necesidades de agua de las especies de jardín.

Los factores especie varían de 0,1 a 0,9 y pueden ser separados en las siguientes categorías:

Muy bajo	< 0,1
Bajo	0,1 - 0,3
Moderado	0,4 - 0,6
Elevado	0,7 - 0,9

Estos márgenes se pueden aplicar a todas las especies independientemente de su tipo de vegetación (árbol, arbusto, tapizante, trepadora o herbácea) y todos están basados en datos relevantes de cultivos agrícolas (Tabla 1) y estudios de uso de agua para especies de jardín (Tabla 2).

Las necesidades de agua de muchas especies de jardín no están establecidas, puesto que no se han realizado los ensayos de campo necesarios para establecer valores empíricos. Sin embargo, en California, una estimación subjetiva de las necesidades de agua ha sido completada para 1.300 especies. Esta estimación se describe en el «Water Use Classification of Landscape Species» (WUCOLS) Project Report (ver bibliografía).

Nota: los valores del factor especie utilizados en este proceso son aproximados y se basan en estimaciones subjetivas de las necesidades de agua de las plantas. Sin embargo, mientras no se establezcan valores empíricos para las especies a través de investigaciones de campo, deberemos confiar en estas aproximaciones.

Asignación de factores especie a las plantaciones

A continuación se proporciona una guía de selección del factor especie (k_s):

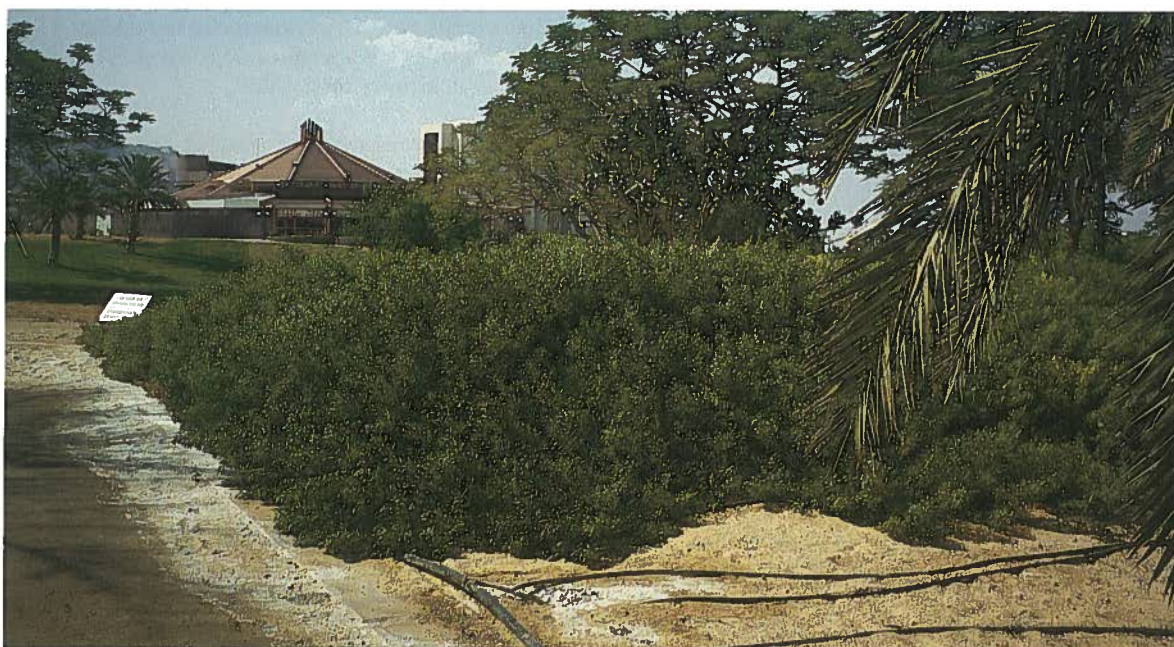
1. **Para plantaciones de una sola especie:** cuando se utiliza una sola especie en una zona de riego, se utiliza el valor asignado para esta especie.

2. **Para plantaciones de múltiples especies:**

a. Cuando las especies tienen similares necesidades de agua: en hidrozonas bien planificadas donde se utilizan plantas con similares necesidades de agua, entonces la selección de un valor de k_s es directa; simplemente se selecciona la categoría a la cual se asignan todas las especies y se elige el valor adecuado.

b. Cuando las necesidades de agua de las plantas no son similares: en el caso en que se planten especies con distintas necesidades de agua en la misma zona de riego, entonces la especie con mayor necesidad de agua determinará el valor de k_s . Esto será necesario si se desea mantener todas las plantas sin daños por estrés hídrico. Desafortunadamente, significa que las plantas en las categorías inferiores recibirán más agua de la necesaria y pueden sufrir a su vez, daños por ello.

Considerando que las plantaciones con necesidades mixtas de agua no son eficientes en el uso de agua en la



La cubierta vegetal da una idea de la densidad de vegetación en relación con el área.

mayoría de los casos y que la incidencia de daños en las plantas puede aumentar, vale la pena considerar algunas opciones de manejo:

1) Si sólo un pequeño número o porcentaje de plantas están en la categoría elevada, entonces la sustitución de estas plantas por especies con menores necesidades de agua permitiría una selección de un k_s en un margen menor.

2) Si se desea mantener todas las plantas pero se aceptaría un nivel de aspecto visual un poco inferior al óptimo, entonces se debería seleccionar un k_s de valor inferior. Por ejemplo, en el caso que haya plantas de las categorías elevada, moderada y baja en la misma zona de riego, se podría seleccionar un valor de k_s en el margen moderado entendiendo que puede tener lugar algún daño en las especies de categoría elevada.

Tabla 2.

Necesidades de riego de especies de jardín bien establecidas determinadas a partir de experimentos de campo. Los valores se dan como la fracción de la evapotranspiración de referencia necesaria para mantener una apariencia aceptable, salud, y crecimiento razonable de las especies.

Ver bibliografía para citas completas.

Especie vegetal	Fracción de ETo	Referencia
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	0,5 - 0,75	Staats y Klett
<i>Sedum acre</i>	0,25	..
<i>Cerastium tomentosum</i>	0,25	..
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0,20	Hartin et al.
<i>Quercus ilex</i>	0,20	..
<i>Ficus microcarpa nitida</i>	0,20	..
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	0,50	Hartin et al.
<i>Hedera helix 'Neddlepoint'</i>	0,20	..
<i>Drosanthemum hispidum</i>	0,20	..
<i>Gazania hybrida</i>	0,25-0,50	..
<i>Vinca major</i>	0,30	..
<i>Baccharis pilularis</i>	0,20	..

3) En los casos donde se desea mantener todas las plantas y no se aceptan daños por estrés hídrico, entonces se debería considerar un riego suplementario para las especies de la categoría elevada. Otra vez, utilizando el caso donde existen plantas de las categorías baja, moderada y elevada en la misma zona de riego, se seleccionaría un k_s moderado para la plantación mientras que a la vez se añadirá agua a las plantas individuales con mayores necesidades de agua. Esta solución requiere un ajuste del sistema de riego de modo que aspersores adicionales o emisores proporcionen mayores cantidades de agua a aquellas especies con mayores requerimientos hídricos.

3. Para las especies en la categoría «muy baja»: es importante recordar que ciertas especies pueden mantener buena salud y apariencia sin riego una vez se han establecido en el jardín. Estas especies se agrupan en la categoría «muy baja» y se les asigna un valor de k_s inferior a 0,1. En esencia, esta clasificación significa que las especies de este grupo no necesitan ser regadas a menos que las lluvias de invierno sean anormalmente bajas. De modo similar, si no se proporciona riego, entonces no hay necesidad de calcular un coeficiente de jardín y no se le asigna valor de k_s . En años de pluviometría baja, sin embargo, algún riego puede ser necesario y un valor de k_s de 0,1 será suficiente para mantener la salud y el aspecto de estas especies.

Factor densidad (k_d)

El factor densidad se utiliza en la fórmula del coeficiente de jardín para tener en cuenta las diferencias en la densidad de vegetación que tienen lugar en las plantaciones de jardín. La densidad de vegetación se utiliza aquí para referirse a la superficie total de hoja de todas las plantas de un jardín. Las diferencias en la densidad de vegetación o de área foliar llevan a diferencias substanciales en cuanto a pérdidas de agua.

El factor densidad varía entre 0,5 y 1,3. Este margen se separa en tres categorías distintas:

Bajo	0,5 - 0,9
Medio	1,0
Elevado	1,1 - 1,3

Los jardines inmaduros y con plantaciones espaciadas tienen menor área foliar que los jardines maduros o con plantaciones densas, y, por lo tanto, pierden menos agua. A estas plantaciones se asignaría un valor dentro de la categoría baja. Los jardines con mezclas de distintos tipos de vegetación (árboles, arbustos y plantas tapizantes) tienen una mayor área foliar que los jardines con un sólo tipo de vegetación y, por lo tanto, perderán más agua. A estas plantaciones se les asignaría un factor de densidad dentro de la categoría elevada. Las plantaciones espesas pero que sólo tienen un tipo de vegetación predominante se considerarían entre los grupos denso y espaciado y se les asignaría una categoría media.

La selección de un factor de densidad es difícil de determinar en la práctica. La densidad de vegetación varía considerablemente y la asignación de factores de densidad puede ser confusa. Existen muchos casos donde el espaciamiento y la distribución de las plantas no es uniforme y existe una mezcla de tipos de vegetación.

Desafortunadamente, no existe un sistema estándar para evaluar la densidad de vegetación de los jardines. Sin embargo, la escasa información existente con respecto a los sistemas agrícolas (principalmente frutales) puede ser aplicada a los jardines. Las secciones siguientes describen dos términos, cubierta de vegetación y capas de vegetación, que cuando se aplican a las plantaciones de jardín proporcionan alguna guía sobre cómo determinar la densidad de vegetación.

Cubierta de vegetación

La cubierta de vegetación se define como el porcentaje de superficie de suelo de una plantación que está sombreado por las plantas, o simplemente, el porcentaje de sombreado del suelo. Una plantación con una cubierta de vegetación llena sombreadrá un 100% de la superficie del suelo, mientras que una cubierta de vegetación del 50% proyectará una sombra sobre el 50% de la superficie del suelo. Cuanto más alta sea la cubierta de vegetación, mayor será la densidad de vegetación con respecto a su área superficial.

La mayoría de los jardines maduros tienen una cubierta de vegetación completa, por ejemplo, árboles, arbustos y tapizantes cubren el 100% de la superficie del suelo. Las

plantaciones nuevas, plantaciones inmaduras y plantaciones espaciadas son ejemplos de casos donde la cubierta de vegetación es inferior al 100%.

Los datos referentes a frutales dan una indicación de cómo la cubierta de vegetación afecta a la pérdida de agua. Los estudios muestran que el agua perdida por las plantaciones de frutales no aumenta cuando la cubierta de vegetación pasa del 70 al 100%. Sin embargo, por debajo del 70% de cubierta, la pérdida de agua de una plantación de frutales decrece.

Aplicando esta información a los jardines, se propone que las plantaciones de árboles con una cubierta vegetal del 70 al 100% constituya una condición de cubierta de vegetación completa, y se considerará como el valor medio para la asignación de un factor de densidad. Una plantación de árboles de menos del 70% de cubierta vegetal estaría en la categoría baja.

La k_d para plantaciones con menos del 70% de cubierta vegetal se puede determinar multiplicando la cubierta de vegetación (expresada como fracción) por 1,5. Por ejemplo, la k_d para una cubierta vegetal del 30% será $1,5 \times 0,3 = 0,45$.

Para plantaciones de arbustos y plantas tapizantes, proponemos que una cubierta vegetal del 90 al 100% constituya una cubierta completa. Esto representaría una condición media para la determinación del factor densidad, mientras que menos del 90% de cubierta estaría en la categoría baja.

Capas de vegetación

La cubierta vegetal da una idea de la densidad de vegetación en relación con el área, por ejemplo, el porcentaje de suelo cubierto por vegetación describe la proximidad o escasez de las plantas en un jardín. Otra dimensión debe tenerse en cuenta en jardinería: la dimensión vertical. Los jardines están frecuentemente formados por plantas de alturas diversas: árboles altos, plantas tapizantes, y los arbustos en medio. Debido a la forma típica de vegetación de cada tipo vegetal, se forman «capas» de vegetación.

Cuando se combinan estos tipos de vegetación en un jardín, añaden un elemento de altura que tendrá un efecto en la pérdida de agua. En frutales, por ejemplo, experimentos de campo han mostrado que la adición de un cultivo que cubra el suelo aumenta la evapotranspiración del 25 al 80% con respecto a un suelo desnudo. En otras palabras, añadir una plantación de tapizantes bajo un campo de frutales resultaba en un aumento substancial de la pérdida de agua.

En los jardines, las plantas tapizantes y/o los arbustos plantados bajo los árboles probablemente tienen un efecto similar a las pérdidas de agua que aparecen en las plantaciones de frutales. De modo similar, es de esperar que la adición de árboles a una plantación de plantas tapizantes o arbustos incremente las pérdidas de agua.

En la mayoría de los casos, la presencia de capas de vegetación en los jardines constituye una condición de ele-

vada densidad de vegetación. Por ejemplo, una plantación con dos o tres capas y cubierta vegetal completa se consideraría que está en la categoría alta de k_d .

Las plantaciones con múltiples capas de vegetación que no tienen una cubierta de vegetación completa, pueden no constituir una condición de elevada densidad. Una plantación nueva de árboles, arbustos y plantas tapizantes, por ejemplo, tiene 3 capas de vegetación pero la densidad de la cubierta de vegetación es baja. A pesar de que existen tres capas de vegetación, esta plantación se clasificaría como de baja densidad.

Como guía para asignar categorías de densidad a los jardines, los lectores pueden referirse a «Asignación de valores para el factor densidad».

Asignación de valores para el factor densidad

La cubierta de vegetación y las capas de vegetación se utilizan para determinar la densidad de vegetación para la asignación de un factor densidad. Puesto que es muy difícil tener en cuenta todas las variaciones en la densidad de vegetación que tienen lugar en los jardines, los siguientes supuestos se realizan simplemente con el objeto de servir de guía para asignar valores razonables:

1. Densidad media: $k_d = 1,0$:

a. Plantaciones con un solo tipo de vegetación: para los árboles, una cubierta de vegetación del 60 -100% constituye una condición media. Para arbustos y plantas tapizantes, una cubierta de vegetación del 90-100% se considera una condición media.

b. Plantaciones con más de un tipo de vegetación: para tipos mezclados de vegetación, la condición media de densidad tiene lugar cuando un tipo de vegetación es predominante mientras que otro tiene lugar de un modo ocasional en la plantación, y la cubierta de vegetación para el tipo predominante de vegetación está dentro de las especificaciones para la densidad media señaladas más arriba. Por ejemplo, una plantación madura de plantas tapizantes (cubierta de vegetación mayor que 90%) que contiene árboles o arbustos que están ampliamente espaciados se consideraría una densidad media. También una plantación de árboles (cubierta de vegetación superior al 60%) que contiene arbustos o plantas tapizantes ampliamente espaciados se consideraría de densidad media.

2. **Densidad Baja: $k_d = 0,5 - 0,9$:** Las plantaciones de densidad baja se caracterizan ampliamente por cubiertas de vegetación menores a las especificadas para la condición de densidad media. Por ejemplo, una plantación de árboles de menos de un 60% de cubierta de vegetación se le asignaría un valor de k_d inferior a 1,0. El valor exacto asignado (entre 0,5 y 0,9) estaría basado en la determinación de la cubierta de vegetación: un valor inferior de k_d para una cubierta de vegetación más delgada.

Para arbustos y plantas tapizantes, una cubierta vegetal inferior al 90% constituye una densidad menor que la media y se le asignaría un valor de k_d inferior a 1,0.

Las plantaciones con tipos de vegetación mezclados generalmente tienen mayor cubierta vegetal que las de un solo tipo. Por ejemplo, una plantación de tapizantes con una cubierta de vegetación del 50% constituye una condición de densidad baja y se le asignaría un valor de k_d de 0,7. Si existe algún árbol ocasional en la plantación, entonces su principal efecto será aumentar la cubierta de vegetación, y se haría un ajuste hacia arriba del k_d entre 0,8 y 0,9.

3. **Densidad elevada: $k_d = 1,1 - 1,3$:** Cuando una cubierta de vegetación está llena para un tipo determinado de vegetación, si se incrementa el número de plantas de otros tipos de vegetación, esto resultará en un aumento de la densidad. Por ejemplo, añadiendo árboles a una plantación madura de plantas tapizantes (cubierta de vegetación de la tapizante = 100%), tiene lugar un aumento de la densidad de vegetación. La adición de arbustos a la plantación aún aumentará más la densidad. Esta mezcla de tipos de vegetación crea una formación de capas de vegetación que representa aumentos potenciales de pérdida de agua. Se puede hacer que los ajustes hacia arriba de k_d tengan en cuenta las capas de vegetación. La condición de densidad más alta, donde los tres tipos de vegetación tienen lugar en cantidades considerables en un jardín, correspondería a un valor de k_d de 1,3. En las plantaciones donde tienen lugar un menor grado de capas de vegetación (por ejemplo una plantación con dos capas), será apropiado asignar un valor de 1,1 ó 1,2.

Factor microclima (k_{mc})

Los microclimas existen en todos los jardines y se deben tener en cuenta en las estimaciones de la pérdida de agua por las plantas. Elementos propios del paisaje urbano, como los edificios y los pavimentos, influyen la temperatura, la velocidad del viento, la intensidad de luz y la humedad de las plantaciones, que a su vez afectan a las pérdidas de agua. Estos elementos varían considerablemente en los distintos jardines pero, no obstante, resultan en diferencias substanciales en el microclima. El factor microclima (k_{mc}) se utiliza para tener en cuenta estas diferencias.

El factor microclima varía entre 0,5 y 1,4 y se puede separar en tres categorías:

Bajo	0,5 - 0,9
Medio	1,0
Elevado	1,1 - 1,4

El factor microclima es relativamente fácil de establecer. Una condición de microclima «media» es equivalente a las condiciones de evapotranspiración de referencia, por ejemplo, una plantación a pleno campo sin vientos extraordinarios o entradas de calor atípicas para la localidad determinada. El microclima en este caso no está afectado de un modo sustancial por edificios cercanos, estructuras, pavimentos, pendientes o superficies reflectantes. Por ejemplo, a las plantaciones en un parque lleno de vegetación que no están expuestas a vientos atípicos en la zona, se les asignaría la categoría media de microclima.

En una condición «elevada» de microclima, los elementos propios del lugar incrementan las condiciones de



Los jardines en línea determinan soluciones de riego específicas.



Se ahorra dinero aplicando solamente el agua necesaria.

evaporación. Los valores elevados se asignarían a las plantaciones rodeadas por superficies absorbentes de calor, o expuestas a condiciones especialmente ventosas. Por ejemplo, se asignaría una categoría «elevada» de microclima a las plantaciones en medianas de calle, parkings, próximas a las paredes orientadas al sudoeste de un edificio, o en zonas de canales de viento.

Las condiciones «bajas» de microclima son tan frecuentes como las condiciones de microclima altas. Se asignaría valores bajos de k_{mc} a las plantaciones que están sombreadas durante una parte considerable del día o están protegidas de los vientos propios de la zona. Estas incluyen la parte norte de los edificios (la distancia afectada depende del tamaño del edificio), patios, zonas bajo cobertizos y en la cara norte de las pendientes. Se asignará la categoría baja a las plantaciones en estas situaciones.

Las categorías altas y bajas de microclima tienen márgenes de valores. Por ejemplo, la categoría baja varía entre 0,5 y 0,9. El valor específico asignado dentro de una categoría dependerá de una valoración del grado de influencia del microclima en la pérdida de agua de las plantas. Por ejemplo, los árboles en una zona de parking al aire libre que esté expuesta a vientos constantes (atípicos en la zona general) tendrán asignado un valor más alto dentro de la categoría alta que si la situación no fuese ventosa. Al contrario, una plantación en un patio protegido de los vientos propios de la zona y con sombreado por la tarde (originado por un edificio) tendrá asignado un valor de k_{mc} en la categoría baja, inferior al de una plantación sin sombreado por la tarde.

Asignación de valores para el factor microclima

1. Microclima medio: $k_{mc} = 1,0$: Las condiciones propias del lugar que son equivalentes a las que se utilizan para las medidas de la ET de referencia, representan un clima medio. La ET de referencia se mide en un lugar a campo abierto que no está expuesto a vientos fuera de lo normal o a accesos de calor provenientes de edificios cercanos, estructuras, o vehículos. Las plantaciones en condiciones similares se consideraría que están en un microclima medio. Las plantaciones en parques se asignarían típicamente a esta categoría. A pesar de que algunas construcciones pueden existir, la vegetación domina el paisaje. Las extensiones grandes de plantas tapizantes, grupos de árboles y mezclas de arbustos, césped y árboles en zonas relativamente abiertas representarían ejemplos de una condición de microclima medio. Los parques pequeños con edificaciones adyacentes, superficies asfaltadas o expuestas a vientos fuera de lo normal no estarían incluidos en la categoría media.

2. Microclima bajo: $k_{mc} = 0,5 - 0,9$: Los lugares protegidos que están sombreados o protegidos de los vientos propios de la zona se considerarían dentro de la categoría de microclima bajo. Las construcciones modifican el microclima de modo que las condiciones evaporativas son inferiores a las que se encuentran en el microclima medio. Las plantaciones localizadas en la cara norte o noreste de los edificios, sombreados por estructuras de cubierta, o en patios, tienen asignado de un modo general un valor de k_{mc} bajo. También se asignaría la categoría baja a las planta-

ciones protegidas de los vientos por edificios, estructuras u otra vegetación. El valor específico asignado para el factor microclima dependerá de las condiciones específicas del lugar. Por ejemplo, una plantación en un patio sombreado que está sombreada la mayor parte del día y protegida de los vientos puede tener un valor de 0,6, mientras que una plantación similar que está situada en la cara noreste de un edificio tendría un valor de 0,8.

3. Microclima elevado: $k_{mc} = 1,1 - 1,4$: Los lugares que están expuestos a los vientos directos no propios de la zona, a fuentes de calor cercanas y/o a luz reflejada se considerarían dentro de la categoría de microclima elevado. Estas características aumentan las condiciones evaporativas por encima de las que se encuentran en una condición de microclima medio. Las plantaciones situadas en medianas, parkings o adyacentes a paredes que dan al sur o al sudoeste que están expuestas a mayores temperaturas que las que se encuentran en lugares con plena vegetación estarían en la categoría alta. Las plantaciones en canales de viento y las que reciben luz reflejada de ventanas cercanas, coches, u otras superficies reflectoras están también en condiciones de microclima elevado. El valor específico asignado dependerá de las condiciones específicas. Por ejemplo, una plantación de arbustos situada cercana a una pared que da al sudoeste tendría un valor de k_{mc} de 1,2, mientras que una plantación similar cercana a una pared del sudoeste que está formada por cristal reflectante y está expuesta a vientos fuera de lo normal tendría un valor de 1,4.

Tabla resumen

Hasta ahora se han visto los tres factores de la fórmula del coeficiente de jardín. Los márgenes para cada factor se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Valores para los factores del coeficiente de jardín

	Elevado	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Factor especie* (k_s)	0,7-0,9	0,4-0,6	0,1-0,3	<0,1
Factor densidad (k_d)	1,1-1,3	1,0	0,5-0,9	
Factor microclima (k_{mc})	1,1-1,4	1,0	0,5-0,9	

* Los valores del factor especie pueden cambiar durante el año, en particular para especies de hoja caduca. Ver la Tabla 1 para los cambios estacionales en los coeficientes de cultivo para cultivos agrícolas.

Eficiencia del riego y cálculo de la cantidad total de agua a aplicar

La fórmula de la ET_L calcula la cantidad de agua de riego necesaria para satisfacer las necesidades de las plantas. Sin embargo, ésta no es la cantidad total de agua que se debe aplicar. Puesto que todos los sistemas de riego son ineficientes hasta cierto punto, el jardín requerirá más agua que la estimada por la ET_L . Aquí se discutirá la efi-



Las plantaciones grandes con árboles, arbustos y céspedes determinan un microclima propio.



El tipo de suelo del jardín determina valores para la frecuencia y sistema de riego.

ciencia de riego y después se utilizara para calcular la cantidad total de agua a aplicar.

Eficiencia de riego

La eficiencia se puede definir como el aprovechamiento por las plantas del agua aplicada. La fórmula siguiente se utiliza para calcular la eficiencia de riego:

$$\text{Eficiencia de Riego (IE) (\%)} = \frac{\text{Agua Aprovechada (BUW)}}{\text{Agua Total Aplicada (TWA)}} \times 100$$

Una eficiencia del 100% significaría que toda el agua aplicada fue utilizada por la plantación. Esto raramente ocurre. En consecuencia, la eficiencia de riego es inferior al 100% en prácticamente todos los casos y se debería aplicar agua adicional para contrarrestar estas pérdidas de eficiencia.

La determinación de la eficiencia de riego (IE) en jardines es un reto. De momento no se dispone de un método estándar. El método utilizado en el riego del césped, la Uniformidad de Distribución (DU), no es adecuado para la mayoría de jardines y en muchos casos es de difícil aplicación. Los tres métodos que se pueden utilizar son: cálculo, estimación y establecimiento de objetivos. Sin embargo, cada método tiene limitaciones importantes.

Cálculo

Para calcular la eficiencia de riego, se necesitan los valores de ET_L y TWA. El agua aprovechada en los jardines es el equivalente de ET_L (la cantidad de agua que se estima necesaria para un jardín). El agua total aplicada puede ser determinada haciendo funcionar el sistema de riego durante un ciclo programado y midiendo el agua total utilizada (generalmente con un hidrómetro).

Este método tiene aplicación limitada por dos razones: 1) requiere un hidrómetro para medir la cantidad de agua aplicada (que no está disponible en muchos casos), y 2) puede incluir pérdidas de eficiencia asociadas a una mala programación. Asume que el agua que se aplica es cercana a la cantidad óptima necesaria para las plantas de jardín y a la capacidad operativa del sistema. Puede ser, sin embargo, que las ineficiencias estén ligadas al programa operativo, por ejemplo, la duración del riego es simplemente demasiado larga para el jardín.

Estimación

En casos donde el agua total aplicada no puede ser medida, la eficiencia del riego puede ser estimada. Las estimaciones se basan en el control del diseño y el comportamiento del sistema de riego. Un sistema bien diseñado y operado puede tener un margen de eficiencia del 80 al 90%. Sistemas mal diseñados u operados pueden tener eficiencias de menos del 50%. Un margen representativo de eficiencias para sistemas de riego de jardines estaría entre el 65 y el 90%.

La estimación es un proceso subjetivo donde dos medidas del mismo sistema pueden variar ampliamente. La utilidad de una estimación estará probablemente relacionada con la experiencia de la persona que la realice.

Establecimiento de objetivos

Los valores de la eficiencia del riego se pueden también basar en un objetivo de diseño y/o de manejo. Por ejemplo, un nuevo jardín se puede diseñar para alcanzar una eficiencia de riego del 90%. O, un jardín existente puede ser gestionado de modo que alcance una eficiencia de riego del 85%. Ambos valores representan objetivos de eficiencia. Estos valores de eficiencia se utilizan entonces para estimar el agua total necesaria para alcanzar el objetivo. Este método es útil para presupuestar gastos de agua, pero no proporciona una estimación útil del comportamiento de un sistema real.

Estos tres sistemas son aproximados. Hasta que se determine un método estándar de medida de la eficiencia de riego del jardín, sin embargo, proporcionan una guía útil.

Agua total aplicada

Sea cual sea el método utilizado para determinar la eficiencia de riego (cálculo, estimación o establecimiento de objetivos), la cantidad total de agua necesaria para un jardín se calcula utilizando la formula siguiente:

$$\text{TWA} = ET_L / \text{IE}$$

$$\text{Agua Total Aplicada} = \frac{\text{Evapotranspiración de Jardín}}{\text{Eficiencia de Riego}}$$

Esta fórmula es simplemente una variación de la fórmula de la eficiencia de riego.

Hoja de cálculo

Existen tres pasos principales en la estimación de las necesidades de riego de un jardín:

- 1) Calcular el coeficiente de jardín.
- 2) Calcular la evapotranspiración de jardín.
- 3) Calcular el agua total aplicada.

Estos pasos se pueden combinan en una hoja de cálculo:

Hoja de Cálculo para Estimar las Necesidades de Agua del Jardín

Paso 1: Calcular el Coeficiente de Jardín (K_L)

fórmula K_L : $K_L = k_s \times k_d \times k_{mc}$

k_s = factor especie
 k_d = factor densidad
 k_{mc} = factor microclima

k_s = _____ (márgenes = 0,1-0,9)

k_d = _____ (márgenes = 0,5-1,3)

k_{mc} = _____ (márgenes = 0,5-1,4)

K_L = _____ (k_s) x _____ (k_d) x _____ (k_{mc}) = _____ .

Paso 2. Calcular la Evapotranspiración del Jardín (ET_L)

fórmula ET_L : $ET_L = K_L \times ETo$

K_L = coeficiente de jardín

ETo = evapotranspiración de referencia

K_L = _____ (calculado en el Paso 1)

ETo = _____ mm

ET_L = _____ (K_L) x _____ (ETo) = _____ mm.

Paso 3. Calcular el Agua Total a Aplicar (TWA)

fórmula TWA: $TWA = ET_L / IE$

ET_L = evapotranspiración de jardín

IE = eficiencia de riego

ET_L = _____ (calculado en el Paso 2)

IE = _____ (medido, estimado o establecido)

TWA = _____ (ET_L) / _____ (IE) = _____ mm.

Consideraciones en el uso de estimaciones de riego para la planificación y manejo del jardín

Las secciones anteriores han descrito cómo estimar las necesidades de riego de los jardines. Estas estimaciones se pueden utilizar en la planificación y manejo del jardín con una serie de propósitos:

- Para construir balances de agua para jardines planificados o existentes.
- Para contribuir al diseño de jardines que satisfagan los objetivos de riego.
- Para contribuir al diseño y manejo de hidrozonas efectivas.
- Para ayudar a la determinación de la eficiencia de riego del sistema (por ejemplo, además de las medidas del uso total de agua).
- Para servir como una herramienta de control, proporcionando evaluaciones de las necesidades de agua del jardín comparándolas con el agua que en realidad se utiliza.

Cuando se utilizan estimaciones del agua del jardín para estos propósitos, sin embargo, es necesario apuntar unas pocas consideraciones. Estas se discuten brevemente bajo los siguientes títulos.

Ajustes de campo

El método del coeficiente de jardín proporciona estimaciones de las necesidades de agua, no valores exactos. En consecuencia, probablemente se necesitan ajustes de

campo para refinar las estimaciones. Si las plantas muestran signos de estrés hídrico, entonces se necesitará un ajuste hacia arriba. Al contrario, cuando parece que se está aplicando demasiada agua, entonces se hace necesario un ajuste hacia abajo. Se recomienda encarecidamente que las estimaciones de agua de riego sean seguidas por un control de campo cuidadoso.

Programas de Riego

Una estimación de las necesidades de agua es el primer paso en el desarrollo de un programa de riego. Para desarrollar un programa también se necesita determinar la frecuencia de riego, duración y los ciclos. Estos se determinan a partir de la tasa de infiltración del suelo, la profundidad de enraizamiento de las plantas, tasa de aplicación de los aspersores, agotamiento permisible del suelo, y la capacidad de retención de agua del suelo. Cada uno de estos factores debe ser cuidadosamente evaluado para determinar con qué frecuencia regar, cuánto tiempo regar de una sola vez y cuántos ciclos de riego se necesitan.

Evaporación del Suelo

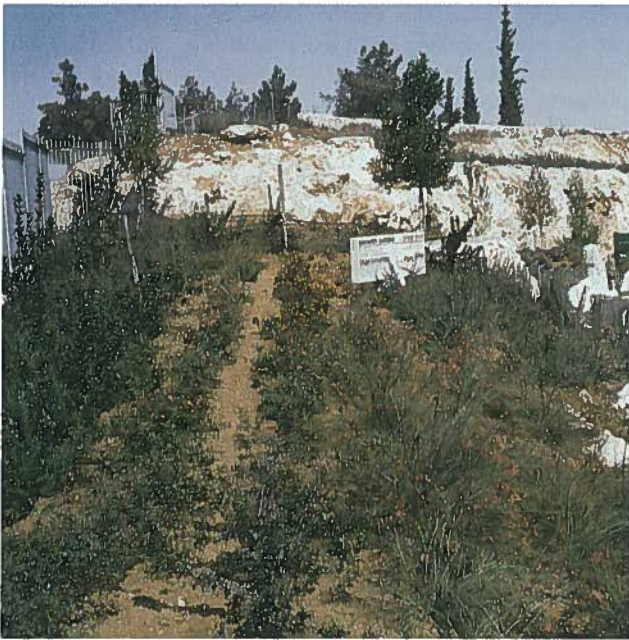
Además del agua perdida por las plantas, la pérdida de agua puede tener lugar también desde el suelo. Esto es más común cuando el sombreado del suelo es inferior al 100% y no existe capa de mulching. La tasa de pérdida evaporativa de agua de los suelos depende de la humedad del suelo, textura, estructura y densidad. Cuando la evaporación del suelo contribuye a las pérdidas de agua del jardín, las estimaciones de agua se deberían aumentar en un 10 a 20%. No obstante si se utiliza suficiente mulching, las superficies desnudas de suelo no producirán pérdidas de agua.

Sales y fracciones de lavado

En los suelos donde las concentraciones de sales son suficientemente altas para causar daños a las plantas, se necesita más aplicación de agua que la estrictamente necesaria para satisfacer las necesidades de las plantas. Este proceso se denomina «lavado» y el porcentaje de agua aplicada para hacer bajar las sales por debajo de la zona radicular se denomina la «fracción de lavado». La fracción de lavado necesaria para el jardín dependerá de las concentraciones de sales del suelo, niveles tolerables, profundidad de la zona radicular y de las propiedades físicas del suelo. Para determinar una fracción aplicada de lavado, se recomienda que los jardineros o gestores paisajistas consulten a un laboratorio de suelos calificado. La fracción de lavado sumará una cierta cantidad de agua a la que es necesaria para las plantas (ET_L) y el agua total aplicada (TWA) aumentará.

Agua regenerada

El uso de agua regenerada en el riego de jardines está siendo cada vez más frecuente. El agua regenerada varía en calidad, que depende de su origen y del proceso de tratamiento. Alguna agua regenerada es de elevada calidad y con muy poco potencial para dañar plantas. Otras aguas regeneradas pueden ser de baja calidad y contienen niveles



En cuanto a necesidades de riego son diferentes las asignaciones para plantaciones nuevas o maduras.

de sales o elementos específicos que son dañinos para las plantas. Cuando se riega con agua regenerada, los encargados de la jardinería deben controlar la calidad del agua. Pueden ser necesarios algunos ajustes hacia arriba en las estimaciones de las necesidades de agua para reducir el potencial de daños por aguas de baja calidad. Es recomendable asesorarse con un laboratorio cualificado cuando se realizan estos ajustes.

Tener todas estas consideraciones en cuenta, sin duda ayudará a asegurar que las estimaciones de agua se aplican adecuadamente en la planificación y manejo del jardín.

En este punto, los lectores deberían comprender bien cómo hacer las estimaciones de las necesidades de agua y cómo aplicarlas adecuadamente. En los jardines existen algunas situaciones especiales que deben tenerse en cuenta. El siguiente apartado explica cómo aplicar el método del coeficiente de jardín en estos casos.

Situaciones especiales en el jardín

Las nuevas plantaciones, los árboles en el césped, las plantas individuales, las plantas trepadoras y las plantas herbáceas representan casos especiales que requieren una consideración más amplia en sus estimaciones de uso de agua. Todos son elementos comunes del jardín. Cada uno de estos casos se trata por separado en las discusiones siguientes.

Nuevas plantaciones

En términos de necesidades de agua de riego, las dife-



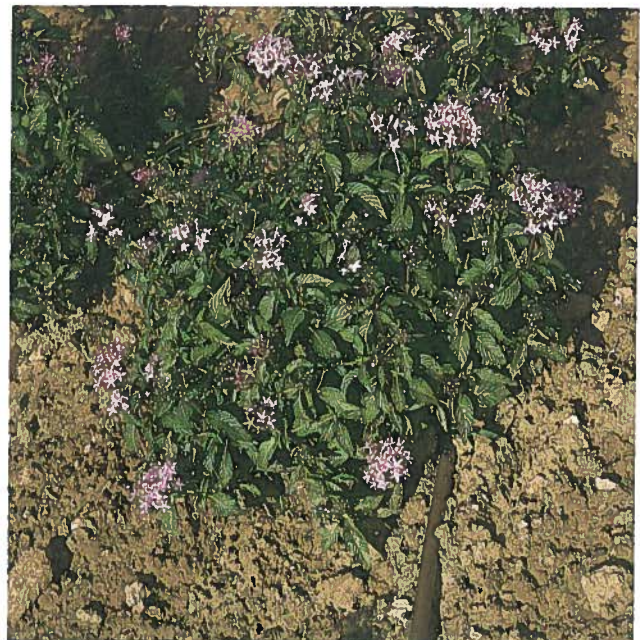
La eficacia del riego es baja en nuevas plantaciones. Los sistemas de goteo son los más eficientes.

rencias fundamentales entre las plantaciones nuevas y maduras están en las correspondientes asignaciones del factor de densidad y en la eficiencia de riego. De modo generalizado, la cubierta de vegetación es substancialmente inferior en una nueva plantación y se recomienda el valor más bajo de k_d , 0,5. La eficiencia del riego es también generalmente baja para las nuevas plantaciones.

Los encargados de jardines suelen pensar que las nuevas plantaciones necesitan incluso mucha más agua que las plantaciones maduras. Pero las plantas tienen poca área foliar y necesitan poca agua. No obstante, cuando se tiene en cuenta la eficiencia de riego (IE), la cantidad de agua necesaria aumenta substancialmente. A causa de las bajas eficiencias de riego en las plantaciones nuevas, la cantidad total de agua es mucho mayor que la que se necesita estrictamente para las plantas.

Las eficiencias de riego para algunas nuevas plantaciones pueden ser incluso inferiores al 10%. Si una plantación es escasa y la zona radicular ocupa menos que el 10% de la zona regada, y/o parte del agua que llega a la zona radicular se pierde por evaporación, percolación, o escorrentía, entonces IE puede ser menos del 10%.

A medida que las raíces se desarrollan dentro del suelo adyacente, sin embargo, la eficiencia de riego aumenta rápidamente. Por ejemplo, si después de un año, las raíces se han desarrollado dentro del suelo adyacente hasta el punto que la mitad de la zona de plantación contiene alguna masa de raíz, entonces el agua aplicada a la mitad de la zona de plantación puede ser potencialmente absorbida por las plantas. En este caso, la eficiencia del riego ha aumentado 5 veces, es decir, hasta el 50% (asumiendo que no hay pérdidas por escorrentía, evaporación, etc.).



La selección de especies en un jardín es muy importante para determinar el "cálculo del riego".

Debería reconocerse en este punto que el riego por aspersión de las nuevas plantaciones (por ejemplo, de plantas que han sido cultivadas en contenedor) no es eficiente. Si se tiene el propósito de conservar agua, se deberían considerar otros métodos. Los sistemas de riego por goteo descargan el agua directamente en la zona radicular y, por lo tanto, tienen mayor eficiencia. Potencialmente, el riego manual es también más eficiente que el riego por aspersión, siempre que se haga cuidadosamente.

A medida que aumenta el desarrollo radicular dentro del suelo adyacente, la eficiencia del riego por aspersión aumenta, mientras la eficiencia del riego por goteo puede en la práctica disminuir si los emisores no se mueven o complementan para suministrar a la mayor zona radicular. Los sistemas duales de emisores de goteo y aspersores pueden tener un mayor potencial en cuanto a maximizar la eficiencia en las plantaciones nuevas o en desarrollo: el sistema de goteo que se utiliza en el periodo de plantación y los aspersores que se utilizan una vez se ha desarrollado el sistema radicular.

Arboles en el césped

Debido a las elevadas necesidades de agua del césped, se suelen satisfacer las necesidades de agua de la mayoría de especies de árboles plantados en zonas de césped. Los coeficientes de cultivo del césped varían entre 0,6 (especies de estación cálida) a 0,8 (especies de estación fría). Este margen es suficiente para satisfacer las necesidades de todos los árboles en las categorías del factor especie moderada, baja y muy baja. Los árboles en la categoría elevada pueden necesitar agua adicional, particularmente si están plantados en céspedes de estación cálida. Los árboles en céspedes de estación fría probablemente no necesitarán agua adicional.

Aparte de satisfacer las necesidades totales de agua, se deben tener en cuenta otros factores en relación con los árboles en el césped:

1) Selección de especies. No todos los árboles se comportarán bien en el césped. Las especies en las categorías baja y muy baja de factor especie pueden ser dañadas o morir a causa del riego del césped. Muchas especies se adaptan a las condiciones de verano secas (por ejemplo, especies de robles) y los riegos frecuentes asociados al césped pueden resultar en daños a las raíces, generalmente provenientes de enfermedades o a causa de la escasa aireación. La selección de especies es muy importante. Cuando se especifican árboles en el césped, las especies se deben limitar principalmente a las que se clasifican como «altas» con respecto al factor especie. Las especies de la categoría «moderada» pueden ser utilizadas en algunos casos, pero existirá un mayor potencial de daños.

2) Nuevo césped alrededor de árboles establecidos. Cuando se instala un nuevo césped (con su riego asociado) alrededor de árboles establecidos, es necesario tomar precauciones para evitar daños a los árboles. En particular, en el caso de árboles que previamente no se regaban. Al suministrar agua en la zona radicular de árboles establecidos, el potencial de daños derivados de enfermedades o aireación escasa aumenta de un modo sustancial. Ciertas especies (por ejemplo los robles) son más sensibles a estos cambios que otras especies. La zona de la corona de la raíz del árbol es particularmente sensible y necesita consideraciones especiales. Para ayudar a asegurar la supervivencia tanto del césped como de los árboles en esta situación, se recomienda que se consulte con un especialista en árboles.

3) Agua insuficiente. En las épocas de restricciones en el suministro de agua para el césped (por ejemplo, los años

de sequía), las necesidades de agua de los árboles en el césped pueden no ser satisfechas. Durante las pasadas sequías, muchos árboles en zonas de césped fueron severamente dañados o murieron cuando se eliminó el agua del césped. Frecuentemente el césped se recupera cuando se vuelve a regar, pero no los árboles. Es muy importante proporcionar agua directamente a los árboles durante estos periodos.

4) Árboles recién plantados. El agua suministrada para satisfacer las necesidades del césped resulta muchas veces insuficiente para los árboles recién plantados en el césped. A pesar de que el riego del césped es probablemente suficiente para la mayoría de especies una vez se han establecido, los árboles recién plantados tienen necesidades especiales. En muchos casos, después de plantar, las raíces de los nuevos árboles quedan confinadas en el cepellón, o en un volumen de suelo relativamente pequeño. Una gran parte del agua suministrada en el riego del césped (generalmente mediante aspersores) no moja el cepellón de un modo suficiente. Es sólo el agua que queda sobre el cepellón la que puede ser absorbida, y en muchos casos ello no llega a satisfacer las necesidades del árbol. Como resultado, muchos árboles se desarrollan muy lentamente en el césped, y algunos quedan dañados o mueren. Se recomienda muy especialmente aplicar agua adicional (a mano o mediante goteros) para los árboles en el césped.

Además de las necesidades adicionales de agua, los árboles recién plantados en el césped también pueden ser inhibidos biológicamente por el césped. Este es un efecto conocido como «alelopatía», donde una planta inhibe el desarrollo de otra por la liberación de productos fitotóxicos por sus raíces. Los céspedes tienen efectos alelopáticos en árboles jóvenes y, por lo tanto, se debería mantener libre de césped una zona de unos 60 cm de radio alrededor de los árboles recién plantados: de modo ideal, se aplicaría mulching en la superficie del suelo libre de césped para evitar la evaporación y minimizar los posibles daños por la siega o recorte del césped.

5) Enraizado superficial y caídas por el viento. El riego del césped proporciona agua generalmente a los 7 a 15 cm de suelo superficiales, que es la zona activa de raíces para la mayoría de especies cespitosas. Consecuentemente, los riegos del césped son relativamente superficiales y frecuentes (por ejemplo, cuando se comparan con profundidades de riego para árboles de 30 a 90 cm). Como resultado, las raíces de los árboles en las zonas de césped tienden a desarrollarse cercanas a la superficie del suelo. Ha habido una cierta preocupación en relación con el potencial de anclaje reducido asociado a los sistemas radiculares superficiales de los árboles en el césped. Se piensa que los árboles grandes pueden tener un mayor potencial de caídas por el viento. Aunque se ha observado este hecho, no existe documentación que demuestre que el potencial de caída por el viento de los árboles sea mayor en el césped que en otras zonas. De todos modos, se mantienen generalmente (y aquí se apoya) que los riegos profundos son beneficiosos para los árboles en el césped: no sólo aumentan el potencial de desarrollo de raíces más profundamente en el perfil de suelo, sino que también aumentan el volumen de suelo del cual las raíces pueden extraer agua.

Plantas individuales

Hasta este punto, se ha utilizado el método del coeficiente de jardín para estimar las necesidades de agua de las plantaciones (por ejemplo, grupos de plantas). También se puede utilizar para estimar las necesidades de agua de plantas individuales. Los tres factores (especie, densidad y microclima) se utilizan para determinar un coeficiente de jardín como antes. Se pueden indicar unas pocas consideraciones para plantas individuales, que se discuten separadamente para arbustos y árboles.

Arbustos

k_s : factor especie en tablas.

k_d : para la mayoría de arbustos, un factor densidad medio de 1,0 será adecuado. Para los arbustos muy grandes, se debe aplicar un ajuste hacia arriba de 1,1.

k_{mc} : en la mayoría de los casos, el factor microclima se asignaría tal como se ha discutido en el apartado correspondiente.

Arboles

k_s : factor especie en tablas.

k_d : para árboles pequeños (< 4,5 metros de altura), un factor de densidad medio de 1,0 será adecuado. Para árboles mayores, un ajuste hacia arriba de 1,1 ó 1,2 tiene en cuenta el aumento del área foliar.

k_{mc} : en la mayoría de los casos, el factor microclima se asignaría tal como se ha discutido con anterioridad. Para los árboles grandes, sin embargo, será adecuado hacer un ajuste hacia arriba de 1,2 ó 1,3 para considerar el paso del viento a través de la cubierta vegetal.

Un método alternativo para estimar la pérdida de agua de un árbol individual se describe en Lindsey and Bassuk (1991). Este método utiliza el Índice de Área Foliar (LAI) para tener en cuenta las diferencias de densidad en las cubiertas vegetales de los árboles.

Plantas trepadoras

Existen plantas trepadoras en muchos jardines y, por lo tanto, deben ser tenidas en cuenta en las estimaciones de las pérdidas de agua. Las trepadoras pueden contribuir de un modo sustancial al área foliar de una plantación, sea en paredes, celosías, pérgolas, postes o en el suelo. A pesar de que el factor microclima no viene afectado por la presencia de plantas trepadoras, el factor densidad sí que varía. Las trepadoras añaden otro tipo de vegetación o capa (en algunos casos) a un jardín, y, por lo tanto, aumentan la densidad de vegetación. También pueden contribuir a la cubierta de vegetación. Cuando existen trepadoras se necesita ajustar hacia arriba el k_d . Los ajustes pueden oscilar desde pequeños incrementos (0,1) a grandes (0,3) dependiendo de la cantidad de vegetación (área foliar) añadida.

Plantas herbáceas

Se puede utilizar la fórmula del coeficiente de jardín para estimar las necesidades de agua de plantaciones de especies herbáceas. Al igual que en las plantaciones de le-

ñas, se necesitan los valores de K_L y ET_o . Los valores de ET_o se obtienen tal como se ha descrito previamente, mientras que K_L debe calcularse a partir de los tres factores k_s , k_d y k_{mc} . El factor microclima (k_{mc}) se determina como anteriormente, y k_d variará entre 0,5 y 1,0 dependiendo de lo densa que sea la plantación. El factor especie es más difícil de calcular si no existen tablas para todas las especies. Generalmente las necesidades de agua de las plantas herbáceas son relativamente elevadas y se sugiere un margen de k_s de 0,4 a 0,8 como correcto para la mayoría de las especies. Asignando valores a k_s , k_d y k_{mc} , se puede calcular el coeficiente de jardín K_L y se determina así una estimación de las necesidades de agua. ◀

Bibliografía

Costello, L.R., N.P. Matheny y J.R. Clark. 1991. Estimating water requirements of landscape plants: the landscape

coefficient method. Leaflet # 21493. University of California DANR Publications, 6701 San Pablo Ave., Oakland, CA 94608-1239. (currently being revised).

Costello, L.R. y K.S. Jones. 1993. Water use classification of landscape species. WUCOLS. Published by the California Dept. of Water Resources, 1020 Ninth St., Sacramento, CA 95814. Revised in 1994.

Costello, L.R., J.D. MacDonald y T. Berger. 1994. Interactions between aeration and moisture content in selected urban soils. In Proceedings of the Landscape Below Ground Conference, The Morton Arboretum, Lisle, IL. G. Watson and D. Neely, Eds. Published by the International Society of Arboriculture, Champaign, Illinois.

Costello, L.R., A. Peters, y G.A. Giusti. 1996. An evaluation of treeshelter effects on plant survival and growth in a Mediterranean climate. *J. of Arboric.* 22 (1) 1 - 6.

Costello, L.R., D. Thomas y J. DeVries. 1996. Plant water loss in a shaded environment. *J. of Arboric.* 22(2) 106-108.



Vistas Golf d'Aro

CAPITULO 5

Aguas residuales

Reutilización planificada de agua residual en usos municipales y campos de golf

Dr. Rafael Mujeriego (*)

► Introducción

El riego de jardines públicos y privados constituye un elemento importante del nivel de calidad de vida en zonas urbanizadas. En particular, la implantación de campos de golf en zonas de clima Mediterráneo representa una nueva actividad económica de gran importancia en muchas zonas costeras españolas, en cuanto que supone un atractivo adicional para visitantes y residentes. Aunque el acceso a muchos de estos campos de golf está todavía reservado a sus socios y a usuarios con un cierto nivel de renta, la experiencia de otros estados con clima muy similar al Mediterráneo lleva a pensar en una popularización creciente de este deporte, y en la aparición de un mayor número de campos de golf con amplias posibilidades de acceso del público en general. Baste señalar que la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol, implantada sobre 95 km de costa, dispone en estos momentos de 25 campos de golf en funcionamiento, estando previsto la construcción de otros 20 campos de golf adicionales.

El gran consumo de agua que conlleva el riego de estas zonas ajardinadas, situadas generalmente en zonas semi-áridas,

y la circunstancia de que los máximos consumos se registren durante la temporada estival, hacen que los desequilibrios entre la demanda de agua para riego y las disponibilidades de agua para abastecimiento público lleguen a ser críticos en algunas de ellas durante la temporada de máxima actividad. Por otra parte, el aumento significativo de la población estacional que registran zonas como la Costa Brava, donde la población en temporada estival llega a ser ocho veces superior a su población residente, hace que los caudales de aguas residuales alcancen niveles muy apreciables durante la época más seca del año. Estas circunstancias, junto con la implantación progresiva de planes de saneamiento, dotados de sistemas de depuración de aguas residuales destinados a proteger la calidad de las aguas costeras, ofrecen la posibilidad de conjugar la demanda de agua para riego de zonas ajardinadas con la disponibilidad de caudales de aguas residuales depuradas. La regeneración de estas aguas depuradas ofrece una alternativa práctica para atender las demandas de agua para riego de zonas ajardinadas y, en particular, de campos de golf. Los estudios y la experiencia práctica disponibles actualmente permiten planificar y explotar sistemas de riego de zonas ajardinadas con agua residual regenerada, con una seguridad sanitaria y ambiental comparable a la de las

(*) *Dr. Rafael Mujeriego: Dr. Ingeniero de Caminos por la UPM (1971) y Dr. en Ingeniería Civil por la Universidad de California en Berkeley (1976). En 1976 se incorporó a la Universidad Politécnica de Cataluña, donde actualmente es Catedrático de Ingeniería Ambiental en la ETS de Ingenieros de Caminos de Barcelona. Entre sus temas de estudio figuran la regeneración y reutilización de aguas residuales, los sistemas de flujo discontinuo de fangos activados, los sistemas naturales para la depuración de aguas y la gestión de la reutilización de biosólidos de estaciones depuradoras. Es autor de numerosos artículos e informes sobre la calidad microbiológica de aguas costeras, el control de calidad de análisis microbiológicos y el tratamiento, vertido, regeneración y reutilización de agua residual. Es traductor y editor de la edición española (1990) del Guidance Manual on Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater, publicado en 1984 por el California State Water Resources Control Board. Ha sido consultor temporal de la Oficina Central y la Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y de la Unidad de Coordinación del Plan de Acción del Mediterráneo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Desde 1985 colabora estrechamente con el Consorcio de la Costa Brava y la Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya, a través de diversos convenios de investigación de la UPC. Desde 1995 es el presidente del Grupo Especializado de la IAWQ sobre Regeneración y Reutilización de Aguas.*

fuentes convencionales de agua de abastecimiento y con un coste económico notablemente inferior a éstas.

Objetivos

El objetivo de este capítulo es analizar los criterios agronómicos y sanitarios a tener en cuenta cuando se plantea la reutilización planificada de efluentes para riego agrícola y de jardinería y, en particular, para riego de campos de golf en zonas costeras españolas. Los objetivos específicos de este capítulo son:

- 1) Examinar las ventajas y las exigencias que la reutilización planificada de agua regenerada comporta.
- 2) Analizar los criterios agronómicos para riego agrícola y de jardinería con agua regenerada.
- 3) Presentar las normas y los criterios internacionales de calidad sanitaria aplicables al agua regenerada destinada a riego agrícola y de jardinería.
- 4) Describir los sistemas de tratamiento comúnmente utilizados para la regeneración de este tipo de efluentes.
- 5) Evaluar los costes de varios sistemas de regeneración de agua para riego agrícola y de jardinería existentes en España.

La reutilización planificada: beneficios y exigencias

El proceso de tratamiento necesario para que un agua residual pueda ser reutilizada se denomina generalmente regeneración, y el resultado de dicho proceso se denomina agua regenerada. De acuerdo con su significado etimológico, la regeneración de un agua consiste en devolverle, parcial o totalmente, el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada, de igual manera que la regeneración de suelos y la regeneración de playas tratan de restaurar el estado y la forma que éstos tenían en el pasado. Recientemente, el término *repurificación* (Asano y Tchobanoglous, 1996) ha sido introducido en el vocabulario técnico como sustituto del término regeneración, con objeto de resaltar las implicaciones propias del proceso técnico de tratamiento y de promover una percepción más favorable del público ante esta forma alternativa de gestión de la calidad del agua.

El aprovechamiento de un agua regenerada requiere normalmente:

- 1) Su transporte desde la planta de regeneración hasta el lugar de utilización.
- 2) Su almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta con los caudales consumidos por los usuarios.
- 3) La definición de unas normas de utilización del agua que minimicen los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada. Estos tres elementos técnicos suelen formar parte inte-

gral de un programa de reutilización planificada de agua residual.

La reutilización planificada de agua residual puede tener múltiples beneficios, entre los que cabe destacar los siguientes:

- 1) Una disminución de los costes de tratamiento y de vertido del agua residual.
- 2) Una reducción del aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua, en particular cuando la reutilización se efectúa mediante riego agrícola, de jardinería o forestal.
- 3) El aplazamiento, la reducción o incluso la supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento
- 4) Un ahorro energético, al evitar la necesidad de aportar caudales adicionales de agua desde zonas más alejadas.
- 5) Un aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua, especialmente cuando el agua regenerada se utiliza para riego agrícola y de jardinería.
- 6) Una mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible. El flujo de agua residual es generalmente mucho más fiable que el de la mayoría de los cauces naturales de agua, especialmente en zonas semi-áridas como las costas mediterráneas.

Entre las exigencias que plantea la reutilización planificada de un agua regenerada, cabe destacar las siguientes:

- 1) El establecimiento de unas normas de calidad del agua para cada uno de los posibles aprovechamientos que se contemplen.
- 2) La implantación de un riguroso programa de control de vertidos que incluya desde una ordenanza de vertido hasta un programa de educación ciudadana.
- 3) El transporte de agua regenerada desde la planta de tratamiento hasta el punto de reutilización, lo que requiere con frecuencia la construcción de una doble red de distribución.
- 4) La implantación de una normas de utilización del agua regenerada por parte del usuario. En general, cuanto menores son las restricciones impuestas al uso del agua, referidas al posible contacto con personas, animales o productos comestibles, mayor es el nivel de calidad exigido al agua regenerada.
- 5) La elaboración de unas normas de utilización del agua regenerada, tales como:
 - 1) La señalización mediante carteles bien visibles en los que se indique el tipo de agua utilizada.
 - 2) La adopción normalizada del color morado para las conducciones y dispositivos de control.
 - 3) La instalación de dispositivos anti-retorno.
 - 4) La inspección sistemática de las conexiones a la red de agua regenerada.
 - 5) El establecimiento de determinados horarios de riego y tipos de aspersores.
 - 6) La prohibición de instalar grifos exteriores.
 - 7) La utilización de tamaños de conducción y de bocas de conexión diferentes a los utilizados para las aguas de abastecimiento público.

Una característica esencial de los proyectos de regeneración de agua es la necesidad de asegurar una fiabilidad notable del proceso de tratamiento y una gestión adecuada del sistema de reutilización del agua. La fiabilidad del proceso de regeneración constituye un elemento esencial de la concepción y explotación del sistema de reutilización, con prioridad sobre el rendimiento y eficacia del propio proceso, que ha de satisfacer los límites de calidad establecidos para el efluente (Mujeriego, 1990).

En definitiva, la regeneración de agua residual se concibe actualmente como un proceso destinado a obtener un producto de calidad. La elaboración y la comercialización de este producto deben plantearse en un marco más amplio que el tradicional de lucha contra la contaminación, y con una nueva mentalidad en la concepción y explotación de los procesos de regeneración diferente a la adoptada generalmente en el tratamiento de agua residual, cuyo resultado final suele considerarse un residuo líquido o sólido. Esta nueva forma de plantear la regeneración de agua residual ha hecho que la reutilización planificada de agua residual pase a ser un elemento esencial de la gestión integral de los recursos hidráulicos.

Reutilización para riego agrícola y de jardinería

La reutilización de agua regenerada para riego agrícola y de jardinería es una práctica bien conocida en muchas partes del mundo. No obstante, sólo ha sido durante las últimas décadas cuando la reutilización planificada para riego agrícola y de jardinería en zonas urbanas ha alcanzado una notable aplicación en países desarrollados y con recursos hidráulicos tradicionalmente abundantes, como los estados de California y Florida en los EE.UU.

La publicación en 1984 por el Estado de California del *Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada*, editado en castellano con el patrocinio de la Generalitat de Catalunya y la UPC (Mujeriego, 1990), constituye el punto culminante del proceso de elaboración y puesta a punto de criterios y normas de calidad para el diseño, construcción, mantenimiento y explotación de proyectos de riego con agua residual regenerada. A este trabajo de síntesis habría que añadir los resultados del estudio de demostración patrocinado por el estado de California, con una duración de 5 años y un presupuesto de 7 millones de dólares, sobre el riego por aspersión con agua residual regenerada de hortalizas de consumo directo, llevado a cabo en la zona agrícola de Monterey, California (Sheikh y col. 1990).

Como complemento de todos estos estudios, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU publicó el Manual titulado *Guidelines for Water Reuse* (USEPA, 1992), en el que se ofrecen directrices ampliamente documentadas con las que los servicios municipales o regionales, y los organismos estatales y nacionales puedan promover y desarrollar de forma adecuada y eficaz la reutilización planificada de agua residual. Estas directrices están orientadas principalmente hacia la reutilización planificada en usos urbanos

no potables, en usos industriales y en usos agrícolas, sobre los que existe actualmente un gran consenso respecto a la idoneidad de su aplicación. Así mismo, la Water Pollution Control Federation (1989) ha publicado un manual práctico en el que se recogen los aspectos técnicos, económicos y de gestión relativos a la reutilización de agua. Las actas de dos Simposios Internacionales y unas Jornadas Técnicas sobre Regeneración y Reutilización de Agua celebradas en la región mediterránea (Mujeriego y Asano, 1991; Mujeriego y Sala, 1994; Angelakis y col., 1996) contienen numerosos ejemplos de estudios y proyectos realizados en diversas partes del mundo.

Los resultados de estos estudios y demostraciones prácticas han hecho que el riego con agua residual regenerada sea considerado actualmente, tanto en California como en otros estados del sur de los EE.UU, y en países mediterráneos como Israel y España, como una alternativa adicional, y en algunos casos como la única disponible, para llevar a cabo una explotación agrícola de regadío, un programa de jardinería urbana o la implantación de un campo de golf. La reutilización de agua para riego de jardinería urbana y campos de golf, tanto de uso público como privado, ha pasado a formar parte de la gestión cotidiana de los recursos hidráulicos de numerosos municipios de California, Florida, y otros estados del sur de los EE.UU; del mismo modo, el riego por aspersión de hortalizas de consumo crudo en esos mismos estados constituye una práctica aceptada tanto por las autoridades sanitarias como por los consumidores, en base a límites de calidad obtenidos y confirmados mediante proyectos de investigación y de demostración, y de sistemas de supervisión del diseño y explotación de las plantas de regeneración, coordinados por las autoridades de recursos hidráulicos, de protección de la calidad del agua y de salud pública (Asano y col., 1991; D'Angelo, 1993; Paret y Elsner, 1993; Newnham, 1993).

El Manual de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada (Mujeriego, 1990) y la experiencia más reciente del estado de California (Asano y col., 1991) y de Cataluña (Mujeriego y col., 1996a, 1996b; Sala y Millet, 1997) constituyen una base de partida de gran utilidad para el diseño y explotación de los proyectos de reutilización de agua regenerada para riego de jardinería y campos de golf. Al margen de los límites de calidad sanitaria establecidos en California, estos trabajos ofrecen una metodología científica y técnica con la que enfocar posibles proyectos de demostración de reutilización planificada de agua regenerada en otras zonas del mundo, y muy particularmente en zonas costeras e interiores españolas. Esta metodología permite establecer los límites físicos, químicos y bacteriológicos más apropiados en cada caso.

La Junta de Saneamiento de la Generalitat de Catalunya viene patrocinando, junto con la UPC, el Consorcio de la Costa Brava y la Zona Residencial Mas Nou (Castell Platja d'Aro, Girona), un estudio de demostración sobre la reutilización de agua regenerada para el riego de campos de golf, que ha permitido definir criterios prácticos para el diseño y la explotación de este tipo de reutilización planificada (Mujeriego y Sala, 1991; Mujeriego y col., 1996a; Sala y Millet, 1997). Por otra parte, la UPC ha colaborado en el



Vistas Golf d'Aro

diseño y explotación del proyecto integral de regeneración y reutilización de Vitoria-Gasteiz para riego agrícola. Los resultados de estos estudios y proyectos han permitido confirmar la viabilidad y eficacia de los procesos comúnmente utilizados en California y Florida para la reutilización de agua para riego de jardinería y han facilitado su aplicación a proyectos de regeneración y reutilización agrícola más amplios, como el implantado en Vitoria y en funcionamiento desde el verano de 1995. Los aspectos económicos de estos proyectos se presentan en un apartado posterior.

La reutilización de agua regenerada para riego agrícola y de jardinería, y en particular de campos de golf, plantea dos cuestiones básicas en cuanto a la calidad del agua:

- 1) Su calidad físico-química, o agronómica.
- 2) Su calidad sanitaria.

En los siguientes apartados se analizan los criterios y normas de calidad propuestos para este tipo de reutilización.

Criterios y normas de calidad agronómica

La evaluación de la calidad agronómica de un agua regenerada debe plantearse con un enfoque similar al que cabría adoptar con un agua de cualquier otra fuente de abastecimiento convencional, sea río, pozo o embalse. Dicho de otro modo, la aptitud agronómica de un agua de riego depende de su contenido de sales y no del origen de éstas. No obstante, la presencia frecuente en las aguas regeneradas de cantidades apreciables de materia orgánica (DBO₅, DQO) y especialmente de nitrógeno y fósforo, hace que la gestión de un sistema de riego con agua rege-

nerada deba tener en cuenta estas circunstancias a fin de evitar una fertilización excesiva y descompensada que pueda traducirse en efectos desfavorables sobre las plantas, el suelo o las aguas subterráneas. El *Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada* (Mujeriego, 1990) y el informe técnico sobre reutilización de aguas residuales para riego de campos de golf (Sala y Millet, 1997) analizan detalladamente estos aspectos.

La gestión agronómica de la calidad del agua regenerada para riego de campos de golf comprende básicamente cuatro grupos de parámetros de calidad (Mujeriego, 1990):

- 1) La salinidad del agua.
- 2) El contenido de macronutrientes (N, P, K).
- 3) El contenido de micronutrientes, especialmente el boro.
- 4) La concentración de otros parámetros como el cloro residual o el oxígeno disuelto.

La salinidad del agua regenerada viene determinada por:

- 1) La calidad inicial del agua de abastecimiento.
- 2) Los usos urbanos a que se piense destinar el agua.
- 3) Las previsiones y el grado de implantación de las ordenanzas de vertido.
- 4) El estado de la propia red de alcantarillado, que pueda permitir la entrada de aguas salobres o saladas desde zonas costeras próximas.

En general, los procesos de regeneración de un agua no modifican su salinidad, que suele mantenerse estable mientras no se produzca alguna aportación puntual de agua salobre, bien sea por vertidos puntuales o por entradas de agua



Riego por aspersión de cultivos con aguas residuales regeneradas, en La Llanada Alavesa (Vitoria)

salobre o salada desde zonas costeras. El control continuo de la conductividad eléctrica del agua regenerada permite interrumpir su utilización cuando su salinidad alcanza los límites máximos recomendados. Desde el punto de vista de la calidad del césped, la estrategia más adecuada para la gestión de la salinidad es utilizar especies de césped tolerantes a los niveles de salinidad que cabe esperar en el agua de riego disponible.

La presencia en las aguas residuales regeneradas de concentraciones de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) superiores a las presentes en las aguas de abastecimiento convencionales, plantea la necesidad de una gestión agronómica del riego que permita conjugar la aportación de agua con la aportación de fertilizantes, tanto mediante el agua de riego como mediante los fertilizantes químicos añadidos. Esta gestión agronómica del riego requiere una información sistemática del contenido de macronutrientes del agua regenerada, que puede ser facilitada por el proveedor de agua de riego o ha de ser obtenida por el propio usuario. La presencia de notables concentraciones de macronutrientes altera sensiblemente los patrones clásicos de fertilización de un campo de golf (Sala y Millet, 1997), tanto en lo que respecta a las estaciones del año (verano-invierno) como en la proporción relativa de nitrógeno, fósforo y potasio en un momento dado. Mientras que el nitrógeno suele alcanzar aportaciones notablemente superiores a las requeridas por las plantas, especialmente en el verano, las aportaciones de fósforo suelen ser similares a las necesidades de las plantas, siendo las aportaciones de potasio las más deficitarias, especialmente en relación con las de nitrógeno.

El carácter singular tanto de la calidad del agua regenerada producida por cada planta depuradora como de las características de cada campo de golf hace que la gestión

agronómica del riego con agua regenerada deba plantearse con la mayor especificidad posible, adoptando unos sistemas de riego, de siega y de abonado específicos para cada campo de golf (Sala y Millet, 1997).

La concentración total y la distribución relativa de las especies nitrogenadas presentes en un agua regenerada destinada al riego de campos de golf dependerán notablemente de las instalaciones utilizadas para su almacenamiento, como los lagos ornamentales o los pequeños embalses de almacenamiento. En general, la estancia del agua en estos lagos o embalses propicia el desarrollo de un ecosistema eutrófico, donde la proliferación de fitoplancton y zooplancton produce modificaciones estacionales de la cantidad total y de la proporción relativa de las especies nitrogenadas y del fósforo disuelto en el agua. En general, cuanto mayor es el tiempo de estancia del agua en dichos lagos o embalses, por encima de 20 días aproximadamente, mayor es la fracción del nitrógeno amoniacal perdido y mayores los grados de nitrificación y de desnitrificación conseguidos (Mujeriego y col., 1995).

La presencia en el agua regenerada de concentraciones apreciables de ciertos micronutrientes como el boro plantea igualmente la necesidad de una gestión agronómica específica, mediante la selección de especies tolerantes y formas de siega adecuadas. Por último la presencia en el agua de cloro residual y de oxígeno disuelto son dos aspectos de gran interés práctico en la gestión del sistema de riego. La presencia de cloro residual en el agua de riego, en concentraciones inferiores a 5 mg/l, no tiene efectos aparentes sobre las hojas del césped; únicamente cuando la concentración supera las decenas de mg/l, debido generalmente a averías en el sistema de cloración, puede esperarse un deterioro evidente de las hojas del césped. Por otra parte, la estancia del agua de riego en un lago ornamental o en un embalse de almacenamiento facilita

la pérdida del cloro residual que el agua regenerada contenía a su salida de la planta de regeneración.

La ausencia de oxígeno disuelto en el agua de riego puede propiciar la aparición de olores debidos al ácido sulfhídrico. La presencia en el agua regenerada de materia orgánica oxidable por encima de 10 mg DBO₅/litro y la ausencia de una oxigenación adecuada del agua, debido a su posible aislamiento de la atmósfera circundante, suelen ser las condiciones responsables de este tipo de molestias. La permanencia prolongada del agua en una conducción y la estratificación del agua almacenada en un lago ornamental o en un embalse de almacenamiento son las circunstancias que con más frecuencia provocan estas molestias. Aunque la proliferación de fitoplancton que se produce normalmente en los lagos ornamentales permite asegurar unos niveles de oxigenación superiores al de saturación, es frecuente que el propio fitoplancton impida que la luz penetre hasta profundidades superiores a 2 metros; esta circunstancia, unida a la estratificación frecuente de la columna de agua por debajo de esta profundidad durante el verano, y al consumo de oxígeno por mineralización bacteriana de la materia orgánica acumulada en los sedimentos, hacen que el agua situada en la zona profunda de estos lagos quede desprovista de oxígeno, especialmente durante el verano, propiciando la implantación de un metabolismo bacteriano anaerobio que genera ácido sulfhídrico. La extracción de agua de riego desde las zonas profundas de estos lagos propicia la aparición de olores, favorecida todavía más por la aspersión del agua durante el riego. La adopción de profundidades inferiores a 2 metros en lagos ornamentales, y la instalación de un sistema de mezcla vertical del agua en lagos o embalses más profundos permiten asegurar la ausencia de olores durante el riego.

En definitiva el riego de campos de golf con agua regenerada plantea tres condicionantes básicos desde el punto de vista agronómico (Mujerigo y col., 1996a, 1996b; Sala y Millet, 1997):

1) Exige una planificación y una gestión del campo más detallada que la necesaria cuando se utiliza agua de fuentes convencionales, lo que se traduce en la necesidad de adoptar especies de césped tolerantes a la calidad del agua, y de conjugar el riego, la siega y el abonado de forma acorde.

2) Ofrece una ventaja económica real, tanto por el menor coste del agua como por la aportación de nutrientes que su uso representa, con un ahorro de fertilizante superior a 2 millones de pesetas anuales para un campo de golf de unas 30 hectáreas.

3) Asegura una fiabilidad o garantía del suministro superior al de las fuentes convencionales de abastecimiento, sobre las que el abastecimiento de agua potable tiene prioridad en caso de sequía.

Criterios y normas de calidad sanitaria

Los dos textos de referencia generalmente considerados por los países que se plantean la regeneración y reutili-

zación de agua residual para riego agrícola y de jardinería son:

1) Las directrices recomendadas por la OMS (1989) para riego agrícola, resumidas en la Tabla 1.

2) Las normas de calidad de California o Florida, incorporadas esencialmente en las directrices propuestas por la USEPA (1992) y resumidas en la Tabla 2.

Básicamente, las directrices sanitarias de la OMS establecen que el agua utilizada para riego agrícola no debe superar 1.000 coliformes fecales por 100 ml de agua, mientras que las directrices de la USEPA establecen la ausencia de coliformes fecales en 100 ml de agua. Ambas directrices corresponden al caso de riego agrícola y de jardinería sin ninguna restricción de uso, como ocurre durante el riego de productos hortícolas de consumo crudo, el riego por aspersión de un campo de golf o el riego de un jardín público sin restricción alguna de acceso y uso por parte del público.

España no tiene en estos momentos legislación relativa a la regeneración de agua residual. Una Comisión Interministerial ha trabajado en diferentes períodos sobre un borrador de decreto que permita elaborar un texto de referencia con que atender las iniciativas de reutilización que las sequías han planteado en amplias zonas de España durante los últimos años. El examen de los sucesivos borradores del decreto, junto con las impresiones recogidas de varios miembros de dicha Comisión, ponen de manifiesto dos tendencias normativas claras:

1) La adopción de una normativa similar a la propuesta por la OMS, tal como han hecho países como Francia (complementadas con restricciones claras en el uso del agua).

2) La adopción de una normativa similar a la de la USEPA para las propuestas de regeneración que se planteen en el futuro, y la aceptación de unos niveles de calidad similares a los propuestos por la OMS para los proyectos de reutilización que ya estén en funcionamiento.

Los Departamentos de Sanidad de Andalucía y Cataluña han elaborado directrices sobre la calidad sanitaria del agua regenerada en los que, al igual que el Consejo Superior de Higiene de Francia, se adoptan básicamente las recomendaciones de la OMS para agua de riego agrícola. El documento elaborado por la Consejería de Sanidad de la Junta de Andalucía (1994) y el Departamento de Sanidad de la Generalitat de Catalunya (1994) establecen criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas, según las cuales un agua destinada a riego de campos de golf no debe superar 200 coliformes fecales/100 ml y contener menos de 1 huevo de helminto por litro. Estos documentos contienen además directrices de gran interés para realizar una evaluación técnica de un proyecto de reutilización de agua.

Un examen comparativo de las recomendaciones de la OMS (1989) y de los criterios propuestos por la USEPA (1992) pone de manifiesto que mientras las recomendaciones de la OMS se basan en una extensa revisión bibliográfica

Tabla 1.
Directrices de calidad microbiológica de las aguas residuales utilizadas en agricultura
recomendadas por la OMS (1989) (a)

Grupo	Condiciones del aprovechamiento	Grupo expuesto	Nematodos intestinales huevos/litro (b)	Coliformes fecales ufc/100 ml (c)	Tratamiento necesario para lograr la calidad microbiológica exigida
A	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos (d)	Trabajadores, consumidores, público	≤1	≤1000	Serie de lagunas de estabilización que permitan lograr la calidad microbiológica indicada, o un tratamiento equivalente
B	Riego de cultivos de cereales industriales y forrajeros, de praderas y de árboles (e)	Trabajadores	≤1	No se recomienda ninguna norma	Estancia en lagunas de estabilización durante 8-10 días, o tratamiento con una eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Riego localizado de los cultivos indicados en la categoría B, cuando ni los trabajadores ni el público estén expuestos al agua	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo de acuerdo con las exigencias de la técnica de riego, incluyendo al menos una sedimentación primaria

(a) Deberán tenerse en cuenta las condiciones epidemiológicas, socioculturales y ambientales de cada caso concreto, modificando las directrices en consonancia.
(b) Media aritmética. Especies de *Ascaris*, *Trichuris* y anquilostomas.
(c) Media geométrica. Durante el periodo de riego.
(d) Conviene establecer una directriz más estricta (≤ 200 coliformes fecales/100 ml) para prados de uso público, como los existentes en los hoteles, en los que el público puede entrar en contacto directo con el agua depositada en la hierba.
(e) En el caso de árboles frutales, el riego debe interrumpirse dos semanas antes de iniciar la recolección del fruto, debiendo estar prohibido la recogida de la fruta que haya caído al suelo. No es conveniente regar por aspersión.

fica de la incidencia epidemiológica de enfermedades hídricas en países desarrollados y en vías de desarrollo, los criterios propuestos por la USEPA se basan en los resultados de proyectos de demostración como el de Monterey, en California (7 millones de dólares durante 5 años; Sheikh, 1990) y de numerosos proyectos existentes en diversos estados de los EE.UU, en los que la obtención sistemática de un agua regenerada en la que no pueda detectarse la presencia de coliformes fecales permite asegurar la ausencia de virus en dicha agua. La decisión última sobre cuál de estos dos criterios de calidad deben adoptarse conlleva una opción por un determinado nivel de calidad sanitaria entre la población. Este nivel de calidad sanitaria guarda una estrecha relación con el nivel de calidad de vida de la población donde se piensa reutilizar el agua, así como de los medios técnicos y económicos disponibles

para implantar las instalaciones que cada uno de esos criterios de calidad conllevan.

Al margen del resultado final del proceso administrativo y reglamentario que se está llevando a cabo en diversas Comunidades Autónomas y del Estado español, creemos que la implantación de un proyecto de reutilización de agua residual regenerada para riego agrícola y de jardinería, sin restricción de contacto o acceso del público, y en particular para riego de campos de golf debería realizarse atendiendo a las directrices de calidad propuestas por la USEPA; y ello en razón del nivel de calidad de vida que disfrutamos y de los recursos técnicos y económicos de que disponemos para satisfacer esos criterios de calidad. Por otra parte, el riego de cereales y productos sin contacto con el agua de riego podría plantearse con efluentes de un sistema de lagunaje,

Tabla 2.
Directrices aplicables a la reutilización de agua en zonas urbanas, propuestas por la Agencia de Medio Ambiente de los EE.UU. (USEPA/AID, 1992)

Tipos de reutilización	Nivel de tratamiento (a)	Calidad agua regenerada (b,c,d,e)	Vigilancia del agua regenerada	Distancia de protección
Todo tipo de riego de jardinería, como campos de golf, parques, cementerios, así como lavado de automóviles, suministro de urinarios, sistemas de lucha contra incendios y de refrigeración con aire acondicionado, y cualquier otro uso con un grado similar de exposición y acceso del público al agua	Secundario	pH = 6-9	pH: semanal	15 m de los pozos de agua de abastecimiento público
	Filtración	< 10 mg/l DBO	DBO: semanal	
	Desinfección	< 2 UNT	Turbiedad: en continuo	
		Coliformes fecales no detectables en 100 ml	Coliformes: diario	
		1 mg/l de cloro residual	Cloro residual: en continuo	

(a) En áreas de riego con acceso controlado, en las que las precauciones de diseño y explotación reducen significativamente las posibilidades de contacto del público con el agua regenerada, puede ser apropiado un nivel de tratamiento menor, tal como tratamiento secundario y desinfección, de modo que no se supere 14 coliformes fecales/100 ml.

(b) El agua regenerada no debe contener niveles detectables de microorganismos patógenos.

(c) El agua regenerada deberá ser transparente, inodora y no deberá contener sustancias tóxicas en caso de ingestión.

(d) Puede ser necesario un nivel de cloro, o un tiempo de contacto, superior a fin de asegurar que los virus y los parásitos son efectivamente inactivados o destruidos.

(e) Se recomienda un nivel de cloro residual igual o superior a 0,5 mg/l en la red de distribución a fin de reducir los olores, el crecimiento de una película biológica y la reactivación microbiana.

cuya calidad microbiológica fuera conforme con las recomendaciones propuestas por la OMS.

Procesos de tratamiento

Aunque conceptualmente es posible plantearse la producción de agua regenerada de diferentes niveles de calidad, acordes cada uno de ellos con los diferentes usos previstos para el agua, el criterio generalmente adoptado cuando se prevé el aprovechamiento de agua regenerada para múltiples usos es producir un agua de la mejor calidad posible y utilizarla para todos los usos previstos. Esta estrategia facilita el control de la utilización adecuada del agua para los distintos usos y reduce considerablemente los costes de transporte del agua a los diferentes usuarios que, de este modo, puede realizarse con una sola red de distribución de agua regenerada.

El proceso de obtención de un agua residual regenerada que satisfaga los criterios de calidad propuestos por la USEPA (1992) para el riego de jardinería de zonas públicas sin ningún tipo de restricción en cuanto a exposición y contacto del público con el agua regenerada, como ocurre en un campo de golf, consta fundamentalmente de cuatro elementos principales:

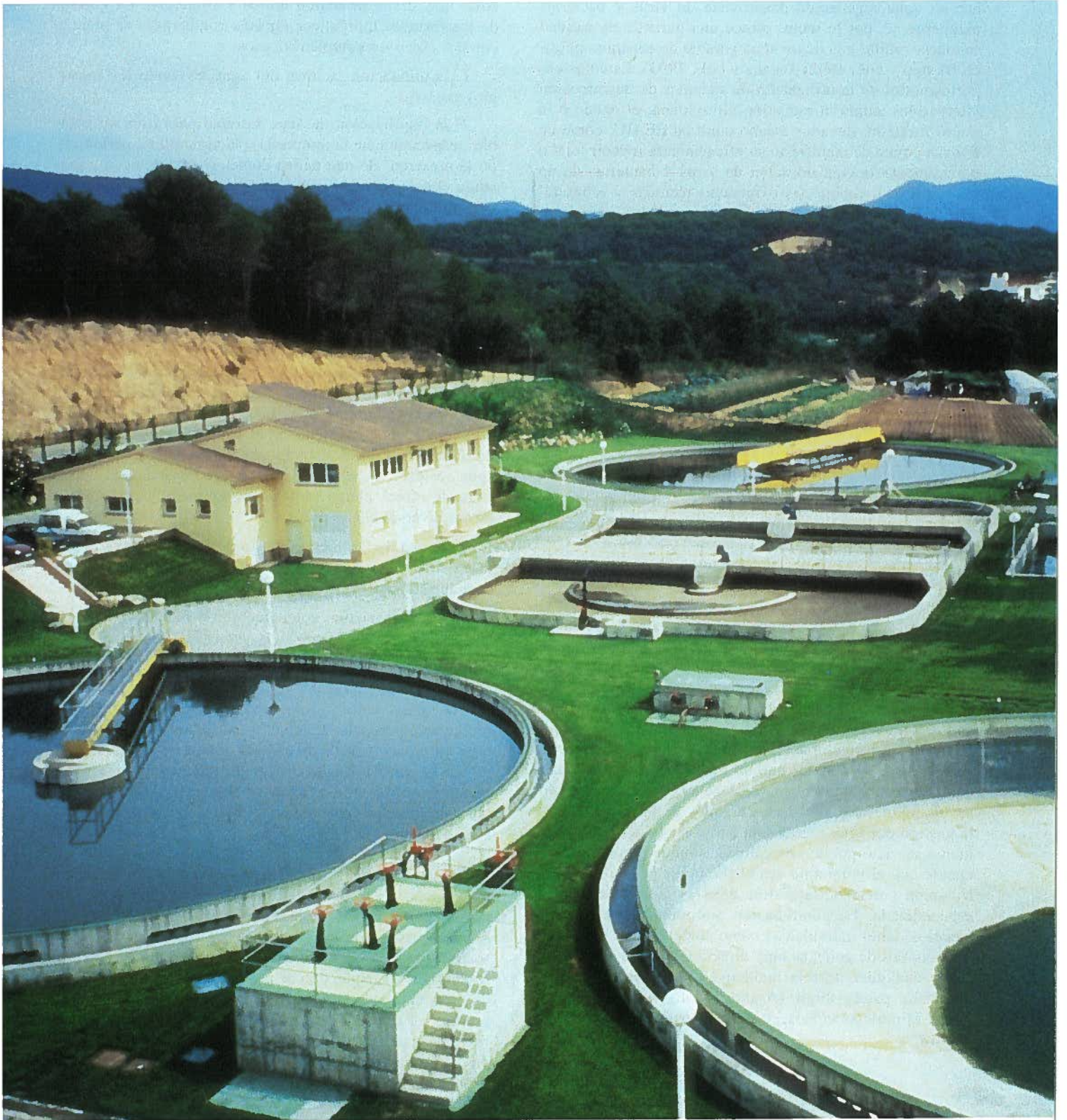
1. La implantación de un control de vertidos a la red de saneamiento que asegure la ausencia de contaminantes que puedan hipotecar o impedir la reutilización del agua regenerada.

2. Un tratamiento biológico secundario capaz de producir un efluente con un contenido de materia en suspensión inferior a 10-20 mg/l y valores comparables de DBO₅.

3. Un tratamiento terciario destinado a eliminar la materia en suspensión del afluente secundario, mediante una filtración directa, y a desinfectar completamente el efluente. Este proceso de tratamiento constituye propiamente la fase de regeneración del agua residual.

4. Un depósito regulador de los caudales de agua regenerada, a fin de adecuar la producción de la planta a la demanda de uso y asegurar una cierta reserva de agua regenerada.

Los extensos trabajos de experimentación y de seguimiento de las numerosas instalaciones de regeneración de agua residual existentes en California y Florida (Asano y col., 1991) ponen de manifiesto que un buen efluente biológico secundario, filtrado mediante un filtro de arena, o de arena y carbón, con la eventual adición de unos miligramos por litro de coagulante (alúmina, generalmente), y una desinfección con cloro con un tiempo de contacto de entre 30 minutos (Florida) y 2 horas (California), hasta alcanzar la eliminación de coliformes, permite obte-



EDAR de Lloret. Abastece el Golf de l'Angel (Foto: Lluís Sala).

ner un agua regenerada desprovista de virus y bacterias patógenas y, por lo tanto, ofrece una garantía de calidad sanitaria similar a la de un agua potable de consumo público (Asano y col., 1992; Tanaka y col., 1993). Estudios experimentales de la utilización de sistemas de desinfección alternativos, como la radiación ultravioleta, el ozono o la microfiltración, llevados a cabo tanto en EE.UU. como en España ponen de manifiesto su eficacia para reducir total o parcialmente la concentración de virus y bacterias de un agua residual, aunque las exigencias técnicas y económicas de estas alternativas son superiores a las correspondientes a la desinfección con cloro.

El grado de automatización de las plantas de regeneración de agua existentes es muy variado, pero exige en todos los casos:

1) Un buen seguimiento del proceso de tratamiento biológico (mediante muestreos integrados diarios, como mínimo).

2) Un control continuo de la turbiedad del efluente secundario y del efluente filtrado (que suele situarse por debajo de 1 UNT) así como de la concentración de desinfectante al término del proceso de desinfección.

3) Un análisis diario de coliformes, sobre una muestra integrada obtenida a la salida del proceso de desinfección.

En general, las plantas de regeneración de agua a partir de efluentes municipales y destinadas a usos municipales (riego agrícola y de jardinería) e incluso industrial (refrigeración) suelen ser explotadas por los propios municipios, bien directamente o bien a través de una empresa de servicios. Estas plantas de regeneración guardan un gran parecido con las plantas potabilizadoras de agua, en cuanto que todo el personal está mentalizado sobre la necesidad de producir un agua de calidad satisfactoria y de aplicar medidas correctoras urgentes, ante cualquier alteración del proceso, para evitar que un agua de insuficiente calidad pueda salir de la planta de regeneración. Generalmente, los municipios son los encargados de la distribución y la gestión del agua regenerada que pasa así a constituir un nuevo servicio público de calidad, aunque también es frecuente que el municipio sea el promotor de la red de distribución y delegue la gestión del servicio a una empresa especializada. La coordinación y comunicación con los usuarios, tanto individuales como colectivos (urbanizaciones, campos de golf), es muy directa y cordial, a fin de detectar cualquier posible incidente y de disipar cualquier duda que pueda surgir (Asano y col., 1991; D'Angelo, 1993; Mujeriego y Sala, 1991; Mujeriego y col., 1996a, 1996b).

La reutilización en zonas costeras

El desarrollo urbano, turístico y agrícola actual, especialmente en las zonas costeras españolas, conlleva un importante consumo de agua, tanto para satisfacer los consumos domésticos asociados como para atender las demandas de una creciente extensión de zonas ajardinadas y agrí-

colas que sirven de marco lúdico y comercial. La gestión de los recursos hidráulicos en esas condiciones se plantea con dos objetivos complementarios:

1) la utilización racional del agua, evitando los consumos excesivos.

2) la reutilización de agua residual para usos no potables, especialmente la jardinería y la agricultura, permitiendo la creación de una nueva dotación neta de agua y evitando el deterioro de las aguas costeras. Entre las actuaciones más acordes con cada uno de esos objetivos cabe citar, de una parte, la educación y la información ciudadana, la reglamentación y las tarifas progresivas y, de otra parte, la regeneración y reutilización de efluentes de agua residual.

Las zonas costeras españolas se caracterizan por una coincidencia temporal entre las mayores producciones de agua residual que se registran durante la temporada estival y la máxima demanda de agua para riego agrícola y de jardinería que se produce en esa misma estación. Al margen de las exigencias técnicas y financieras que esas demandas estacionales plantean, tanto en el sistema de abastecimiento de agua como en el sistema de tratamiento y vertido de agua residual, la reutilización de agua residual en zonas costeras ofrece claras ventajas económicas y ambientales en sus diversas alternativas:

1) Riego de jardinería, con lo que ello conlleva la mejora de las condiciones de vida, del aspecto estético y del carácter lúdico de la zona.

2) Riego agrícola, como fuente de recursos económicos de gran interés.

3) Recarga de acuíferos costeros y de zonas húmedas, como forma de proteger y promover estos recursos naturales de gran valor y atractivo ambiental. Aunque la reutilización de agua residual en zonas del interior no permite la creación neta de nuevos recursos hidráulicos, sí ofrece la posibilidad de una mejor gestión del agua, mediante la sustitución de agua potable de consumo público por agua residual regenerada para usos en que no sea necesaria agua potable.

Es esencial que la calidad del agua regenerada respete criterios como los recomendados por la USEPA, de modo que no lleguen a producirse molestias ocasionadas por malos olores de aguas estancadas o almacenadas, ni pueda llegarse a sospechar que las aguas regeneradas utilizadas para riego son responsables de algún tipo de incidencia sanitaria. Cualquiera de estas circunstancias no haría más que contribuir al desprestigio de esta alternativa de gestión de los recursos hidráulicos, que tanta aceptación y desarrollo ha alcanzado en estados como California, Arizona, Tejas y Florida.

Hay que señalar por último, que las instalaciones de regeneración de agua residual destinada al riego agrícola y de jardinería que se están implantando en las zonas turísticas españolas han de convertirse sin duda en estándares tecnológicos y de prestigio de primera magnitud en todo el sur de Europa y la región mediterránea, confiriéndoles una posición de vanguardia en esta faceta tan importante de la gestión de los recursos hidráulicos. Así mismo, la construcción y explotación de proyectos de regeneración y reuti-

lización de agua, como los existentes en la Costa Brava, la Costa del Sol, Canarias y Vitoria-Gasteiz, está propiciando un mayor conocimiento técnico y una amplia experiencia práctica sobre esta nueva faceta de la gestión de los recursos hidráulicos, con el consiguiente efecto favorable sobre la actividad empresarial y el empleo, tanto en proyectos nacionales como internacionales.

Costes de explotación y mantenimiento

El número tan escaso de instalaciones de regeneración de agua residual en zonas de características socio-económicas como las españolas no permite ofrecer estimaciones precisas de sus costes de explotación y mantenimiento. La Universidad Politécnica de Cataluña viene colaborando desde 1985 con entidades públicas y privadas en la planificación y explotación de diversos proyectos de reutilización de agua para uso agrícola y de jardinería, y en particular de campos de golf. El primer proyecto de demostración de riego de campos de golf se inició en 1989 con la puesta en funcionamiento del Campo de Golf Mas Nou (actualmente Golf d'Aro) en Castell Platja d'Aro, Girona, en base a un convenio entre la UPC, la Junta de Saneamiento de la Generalitat de Catalunya, el Consorcio de la Costa Brava y la sociedad promotora del campo de golf. El objetivo del proyecto de demostración fue definir los criterios sanitarios, agronómicos y económicos que debían seguirse en un aprovechamiento de este tipo (Mujeriego y Sala, 1991; Mujeriego y col., 1996a, 1996b).

Los resultados obtenidos durante los 9 años transcurridos han permitido consolidar un sistema de gestión que incluye (Mujeriego y col., 1996a, 1996b; Sala y Millet, 1997):

1) Un proceso de regeneración de agua basado en una desinfección con cloro de un excelente efluente secundario.

2) Un seguimiento de la calidad del agua en los lagos ornamentales utilizados para almacenamiento y regulación del agua.

3) Un sistema de información sobre el contenido de nutrientes y salinidad del agua que permite optimizar la fertilización del campo de golf. El Consorcio de la Costa Brava, a través de la empresa responsable de la explotación de la planta depuradora, ofrece un agua regenerada de buena calidad sanitaria, con concentraciones inferiores a 10 coliformes fecales/100 ml a la llegada al primer lago ornamental; por otra parte el propio Consorcio facilita el seguimiento de la calidad del agua en los lagos ornamentales y la información relativa al contenido de nutrientes del agua regenerada. En junio de 1998 está prevista la entrada en servicio de la nueva planta de regeneración de agua de Castell Platja d'Aro, constituida por un sistema de filtros rápidos de arena y un sistema de desinfección mediante radiación ultravioleta; la planta tendrá una capacidad de 15.000 m³/día que se destinarán a la recuperación de zonas naturales y al riego agrícola y de jardinería.

El sistema de regeneración y reutilización de agua para riego agrícola de Vitoria-Gasteiz (Diputación Foral de Alava, 1995) se proyectó siguiendo la línea de tratamiento completo especificada en el Título 22 del Código del Agua de California (Mujeriego, 1990) y está integrado por los procesos de coagulación-floculación, decantación, filtración con arena y desinfección con cloro líquido (2 horas de tiempo de contacto). El agua regenerada se utiliza para riego por aspersión de cultivos de consumo crudo; el plan de riego abarca 4.000 ha de la Llanada Alavesa, y permite regar durante el verano con una frecuencia de una parcela cada tres años. El modelo de gestión incluye la provisión del agua regenerada de excelente calidad (ausencia de coliformes fecales en 100 ml), así como información periódica sobre la salinidad del agua y su contenido de nutrientes, de modo que los agricultores puedan ajustar su plan de fertilización de manera adecuada. La planta de regeneración de agua de Vitoria-Gasteiz tiene una capacidad de 35.000 m³/día y forma parte de un plan integral más amplio que ha de permitir el aprovechamiento del efluente secundario de Vitoria-Gasteiz durante todo el año, permitiendo así la puesta en regadío de otras 7.000 ha, la mejora de la calidad del agua del río Zadorra y la sustitución de caudales de desembalse a dicho río.

El proyecto de regeneración y reutilización de agua más reciente es el existente en la planta depuradora de Vilaseca y Salou, en Tarragona. El proceso de regeneración sigue un esquema similar al establecido en el Título 22 del Código del Agua de California y tiene una capacidad punta de 700 m³/hora, lo que permite suministrar un caudal máximo de 16.800 m³/día, distribuido en 9 horas de riego. El efluente secundario que no se regenera se vierte al mar mediante un emisario submarino. Actualmente, la instalación de regeneración produce unos 5.000 m³/día que son utilizados durante la primavera y el verano para el riego de las zonas ajardinadas del Parque Temático Port Aventura.

Los datos más recientes facilitados por el Consorcio de la Costa Brava (comunicación personal, 1996) y los publicados por los responsables de la explotación de la planta de regeneración de agua de Vitoria (Del Río y col., 1996) permiten establecer valores de referencia del coste del agua regenerada en España. El último acuerdo firmado entre el Consorcio de la Costa Brava y el promotor del Campo de Golf de Platja d'Aro establece un coste del agua regenerada de 10 ptas/m³. Este coste incluye la disponibilidad de un caudal máximo de 2.400 m³/día de efluente secundario desinfectado con cloro, más un seguimiento técnico de la calidad sanitaria y agronómica del agua regenerada y del agua de los lagos ornamentales. Como información complementaria cabe citar que el coste del bombeo del agua regenerada hasta el campo de golf (300 m de desnivel, 1.000 m de conducción) son abonados por el promotor del campo de golf separadamente.

La Tabla 3 resume los costes de amortización y de explotación y mantenimiento de la planta de regeneración de agua de Vitoria-Gasteiz, con una capacidad de tratamiento de 35.000 m³/día (Del Río y col., 1996). La inversión de 543 millones corresponde al presupuesto de la obra civil y los equipos de la planta de regeneración propiamente dicha

(200 millones de pesetas) así como de los equipos de bombeo de agua regenerada (5 bombas de 270 hp), el edificio de control, la línea eléctrica y los transformadores que normalmente habrían de repercutirse sobre los cuatro módulos de tratamiento, con capacidad de 35.000 m³/día cada uno, que está previsto construir en próximos años. No obstante, una inversión total de 543 millones de pesetas como la realizada hasta el momento permite generar un recurso hidráulico cifrado en 12,6 hm³, lo que representa una inversión unitaria de unas 45 ptas/m³, inferior a la requerida por un embalse. Por otra parte, el coste del agua regenerada a la salida de la planta se sitúa en torno a 9,5 ptas/m³, muy similar al establecido por el Consorcio de la Costa Brava. La mayor escala del proyecto y la mayor eficacia del proceso de desinfección, al tratarse de un efluente de gran transparencia, permiten mantener un coste unitario muy favorable. Por último, y como cifra indicativa, la inversión unitaria requerida por una de estas instalaciones se sitúa entre 10 y 15 millones de pesetas por cada 1.000 m³/día de capacidad de regeneración de agua; este índice puede experimentar notables variaciones dependiendo de las unidades de obra que se incluyan, tales como las instalaciones de bombeo hacia la red de distribución de agua, o las obras comunes necesarias para futuras ampliaciones de la planta de regeneración.

Un reciente estudio comparativo del coste de la regeneración y reutilización de agua (Soriano, 1997) ha permitido comparar los costes de inversión y de explotación y mantenimiento de las plantas de regeneración de Vitoria-Gasteiz (35.000 m³/día) y de Vilaseca-Salou (16.800 m³/día). Los resultados del estudio indican que el coste total del agua a la salida de la planta de regeneración oscila entre 7,0 y 11,5 pesetas/m³, suponiendo que la planta funciona a pleno rendimiento durante todo el año. Esos valores experimentan un aumento apreciable, alcanzando 49 pesetas/m³, cuando el caudal producido es inferior al de diseño, como ocurre actualmente en la planta de Vilaseca-Salou, donde el riego de las instalaciones del Parque Temático Port Aventura sólo consume 2.000 m³/día por ahora. No obstante, incluso en estas condiciones desfavorables, el coste del agua regenerada es comparable con el del agua de abastecimiento público. Como factor adicional podría considerarse el posible

beneficio derivado de la presencia de sustancias fertilizantes (nitrógeno y fósforo) en el agua regenerada.

Las aportaciones de nitrógeno y fósforo del agua regenerada contribuyen de forma efectiva a la fertilización de los cultivos, tanto agrícolas como de jardinería y campos de golf. Esto requiere una atención especial por parte de los explotadores, que les permita reducir las aportaciones de fertilizantes externas y evitar así una fertilización excesiva, con los consiguientes perjuicios que ello ocasionaría tanto para el cultivo como para el suelo y los acuíferos. El aprovechamiento del contenido fertilizante del agua regenerada resulta en un ahorro del coste del agua regenerada, que en el caso de un campo de golf puede cifrarse entre 3 y 4 millones de pesetas anuales (Mujeriego y col., 1996a; Sala y Millet, 1997).

Conclusiones

El análisis realizado en los apartados precedentes permite formular las siguientes conclusiones:

1. El aprovechamiento del agua residual regenerada para riego agrícola y de jardinería, en especial para riego de campos de golf, ofrece una alternativa práctica de gran interés frente a la depuración y vertido en aguas costeras. Esta alternativa de reutilización ha pasado a formar parte de la gestión cotidiana de los recursos hidráulicos de numerosos municipios de California, Florida y otros estados del sur de los EE.UU., en base a límites de calidad agronómica y sanitaria obtenidos y confirmados mediante proyectos de investigación y de demostración llevados a cabo durante las últimas décadas.

2. Los proyectos de demostración de reutilización planificada de agua residual para riego agrícola y de jardinería, y especialmente para riego de campos de golf, contribuyen al desarrollo y aceptación de estas técnicas, permitiendo comprobar su capacidad para aportar recursos hidráulicos, reciclar elementos nutritivos y asegurar la cali-

Tabla 3.

Costes de amortización y de explotación y mantenimiento del agua regenerada en la planta de Vitoria-Gasteiz, con capacidad para 35 000 m³/día (Del Río y col., 1996)

Concepto	Contenido	Coste parcial ptas/m ³	Coste acumulado ptas/m ³
Amortización	543 millones de pesetas	4,40	4,40
Reactivos	coagulante	2,08	
	polielectrolito	0,11	
	desinfectante	1,12	3,30
Energía	340 hp instalados	0,40	0,40
Personal	4 operarios	0,95	0,95
Mantenimiento preventivo	material de repuesto	0,40	0,40
Coste total			9,45

dad sanitaria y ambiental. Por otra parte, es esencial que el agua regenerada no llegue a producir molestias ocasionadas por malos olores, ni pueda llegar a generar sospechas de que es responsable de algún tipo de incidencia sanitaria. Ello contribuiría a desprestigiar esta alternativa de gestión de los recursos hidráulicos, que tanta aceptación y desarrollo ha alcanzado en estados como California y Florida.

3. La obtención de un agua residual regenerada que satisfaga los criterios de calidad para el riego de jardinería de zonas públicas, sin ningún tipo de restricción en cuanto a exposición y contacto del público con el agua regenerada, requiere la implantación de un control de vertidos a la red de saneamiento, un buen tratamiento biológico secundario, un tratamiento de regeneración y un depósito regulador de los caudales de agua regenerada. Un buen efluente biológico secundario, filtrado mediante un filtro rápido de arena, con la adición de unos miligramos por litro de coagulante, y una desinfección con cloro con un tiempo de contacto de entre 30 minutos y 2 horas, hasta alcanzar la eliminación de coliformes, permite obtener un agua regenerada desprovista de virus y bacterias patógenas, con una garantía de calidad sanitaria similar a la de un agua potable de consumo público.

4. El riego de campos de golf con agua regenerada exige una planificación y una gestión del campo de golf más detallada que la necesaria cuando se utiliza agua de fuentes convencionales, permite un ahorro económico de agua y de fertilizantes y ofrece una mayor fiabilidad de suministro que las fuentes convencionales de abastecimiento.

5. El riego agrícola y de jardinería con agua residual regenerada en España debería plantearse en base a unas normas de calidad similares a las propuestas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU., consistentes en la producción de un agua de gran transparencia y bien desinfectada. El riego de productos sin contacto directo con el agua, y con restricciones de acceso para el público, podría plantearse en base a unas normas de calidad similares a las propuestas por la Organización Mundial de la Salud.

6. La reutilización de agua residual en zonas costeras ofrece claras ventajas económicas y ambientales mediante el riego de jardinería, el riego agrícola y la recarga de acuíferos costeros y de zonas húmedas. La implantación de un proyecto de reutilización planificada de efluentes en el territorio español está llamado a convertirse en un estandarte tecnológico y de prestigio de primera magnitud en todo el sur de Europa y la región mediterránea, confiriéndole una posición de vanguardia en la gestión de los recursos hidráulicos y propiciando una mayor actividad empresarial y de empleo en esta especialidad de la ingeniería y de los servicios.

7. El coste unitario del agua regenerada para riego de campos de golf se sitúa en 10 ptas/m³ a la salida de la planta. Este coste corresponde a un efluente obtenido en una línea de tratamiento similar a la establecida por el Título 22 del Código del Agua de California, tal como la existente en Vitoria-Gasteiz. La inversión media requerida por una instalación de este tipo oscila entre 10 y 15 millones de pesetas por 1.000 m³/día de capacidad, lo que corresponde a una inversión unitaria próxima a 45 pesetas por m³ de agua disponible anualmente.

Bibliografía

Asano, T. y G. Tchobanoglous. 1996. Drinking repurified wastewater. Environmental Engineering Forum, Journal of Environmental Engineering, ASCE, Mayo 1996:446-7.

Angelakis, A., T. Asano, E. Diamadopoulos y G. Tchobanoglous. 1996. Wastewater reclamation and reuse 1995. Water Science and Technology, Vol. 33, Nº. 10-11. IAWQ, Pergamon Press.

Asano, T., L.Y.C. Leong, M.G. Rigby y R.H. Sakaji. 1992. Evaluation of the California Wastewater Reclamation Criteria using enteric virus monitoring data. Water Science and Technology, Vol 26, Nº. 7-8. IAWQ, Pergamon Press.

Asano, T., D. Richard, R.W. Crites y G. Tchobanoglous. 1991. Evolution of tertiary treatment requirements in California. Water Environment and Technology. Vol. 4, Nº. 2.

D'Angelo, S. 1993. Reusing water in the nineties. Water Environment and Technology, vol 5, Nº. 2.

Del Río, F., J. López y I. de Juana. 1996. Reutilización del agua residual, experiencias prácticas en Vitoria. Comunicación presentada en la XVII Jornadas de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento.

Diputación Foral de Alava, Gobierno Vasco y Aguas Municipales de Vitoria. 1995. Plan de Recuperación y Reutilización Integral de las Aguas Residuales de Vitoria-Gasteiz. Diputación Foral de Alava, Vitoria.

Generalitat de Catalunya. 1994. Prevenció del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg. Departament de Sanitat i Seguretat Social. Barcelona.

Junta de Andalucía y Fundación Empresa-Universidad de Granada. 1994. Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

Mujeriego, R. (Editor). 1990. Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Mujeriego, R. y T. Asano. 1991. Wastewater reclamation and reuse. Water Science and Technology, Vol. 24, Nº. 9. IAWQ, Pergamon Press.

Mujeriego, R. y L. Sala. 1991. Golf course irrigation with reclaimed wastewater. Wastewater reclamation and reuse. Water Science and Technology, vol. 24, Nº. 9. IAWQ. Pergamon Press.

Mujeriego, R. y L. Sala. 1994. Biosólidos y aguas depuradas como recursos. Comunicaciones de las Jornadas Técnicas patrocinadas por la Universidad Politécnica de Cataluña y el Consorcio de la Costa Brava. Consorcio de la Costa Brava, Girona.

Mujeriego, R., L. Sala y J. Turet. 1995. Nutrient Losses in Two Landscape Ponds Used for Golf Course Irrigation. Comunicación presentada en el IAWQ 2nd International Symposium on Waste Stabilization Ponds and Reuse of Pond Effluents, Berkeley, California, 1993.

Mujeriego, R., L. Sala, J. Sala y S. Martínez. 1996a. Gestión del Agua Residual Regenerada Utilizada para Regar el Campo de Golf Mas Nou. Séptima Memoria Anual. Sección de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña.

Mujeriego, R., L. Sala, M. Carbó y J. Turet. 1996b. Agronomic and Public Health Assessment of Reclaimed Water Quality for Landscape Irrigation. *Water Science and Technology*, Vol 33, N° 10-11: 335-344. IAWQ, Pergamon Press.

Newnham, D.F. 1993. Dual distribution systems. *Water Environment and Technology*, vol 5, N° 2.

Organización Mundial de la Salud. 1989. Directrices Sanitarias sobre el Uso de Aguas Residuales en Agricultura y Acuicultura. Serie de informes técnicos 778. Ginebra, Suiza.

Paret, M. y M. Elsner. 1993. Reclaimed water perspectives. *Water Environment and Technology*, vol 5, N° 2.

Sala, L. y X. Millet. 1997. Aspectos básicos de la reutilización de las aguas residuales regeneradas para el riego de campos de golf. Jornadas Técnicas de la Federación Española de Golf, Madrid, noviembre de 1995. Publicado por el Consorcio de la Costa Brava, Girona.

Sheikh, B., R.P. Cort, W.R. Kirkpatrick, R.S. Jaques and T. Asano. 1990. Monterey Wastewater Reclamation Study for

Agriculture. *Research Journal of the Water Pollution Control Federation*, Vol. 62, N° 3.

Soriano, M. 1997. Evaluación económica de la reutilización de agua residual. Tesina de Especialidad, ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Septiembre de 1997.

Tanaka, H., T. Asano, E.D. Schroeder y G. Tchobanoglous. 1993. Estimating the reliability of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. Presented at the 6th Annual Conference and Exposition, October 3-7, 1993, Water Environment Federation.

United States Environmental Protection Agency and United States Agency for International Development 1992. Manual on Guidelines for Water Reuse. EPA/625/R-92/004, September 1992. Center for Environmental Research Information, Cincinnati, Ohio.

Water Pollution Control Federation. 1989. Water Reuse (Second Edition). Manual of Practice SM-13. Virginia, Estados Unidos.

CAPITULO 6

Vegetación natural y fisiológica

Integración de la vegetación en el paisaje y aspectos ecofisiológicos de la sequía

Emilio Fernández-Galiano Ruíz (*)

► Introducción

La vegetación es el elemento de la jardinería que más impacto tiene en el disfrute de las zonas verdes. Su estado de conservación se puede considerar como el índice más certero para diagnosticar la situación del jardín. La vegetación es lo primero que sufre si su cuidado no es el adecuado, antes o después refleja elecciones de sustrato erróneas o preparaciones del terreno insuficientes, remarca los defectos de diseños deficientes, y en muchos casos llega a desaparecer cuando la elección de las especies no es aceptable para el lugar donde se cultiva. La vegetación tiene, sin embargo, la cualidad de difuminar los anteriores problemas, por lo tanto atempera diseños de mala calidad, se adapta a condiciones de suelo deficientes y sobrevive en muchos casos aún con maltrato de las plantas y, por fin, tiene una capacidad de regeneración y de revitalización asombrosa cuando se la trata con un mínimo de cuidados.

La elección de las plantas en xerojardinería es fundamental. Como se comenta en otros capítulos, la xerojardinería tiene que ser eficiente en el consumo de agua. Por tanto la elección de especies vegetales tiene que tener en cuenta los factores medioambientales de la zona donde se encuentra el jardín, el diseño del mismo, los microclimas que se generan tanto a la hora de implantar la vegetación, como en los años siguientes. Asimismo la elección de la vegetación determinará las labores, enmiendas y tratamientos a realizar.

Debemos tener muy en cuenta que las plantas más efi-

cientes en la utilización del agua en una zona son aquellas que crecen naturalmente en esa misma zona, lo que nos será de mucha utilidad a la hora de elegir plantas con características similares. El conocimiento de la vegetación autóctona se constituye como imprescindible para poder elegir con más rigor las plantas que se vayan a utilizar en los xerojardines.

El paisaje natural en España

La palabra paisaje tiene en una primera acepción un significado estético: «la porción de terreno considerada en su aspecto artístico», y de hecho, el término se utiliza más frecuentemente con esta acepción. Sin embargo en su origen etimológico significa campestre -del latín *pagensis*, y éste a su vez derivado de *pagus*: distrito determinado cultivado de tierras o heredades-. Tiene así el término paisaje un origen netamente agrario.

Cuando se habla de paisaje natural, no podemos referirnos exclusivamente a aquellos que aparecen en los ecosistemas climáticos, sino que también se debe de considerar la influencia del factor humano en la creación de estos paisajes a través de los siglos, y si cabe, en una mayor medida en países como España, con una larguísima historia de intervención en el medio por parte de todos los pueblos que han habitado el país.

(*) *Emilio Fernández-Galiano Ruíz: Ingeniero Agrónomo, Funcionario de Carrera del Cuerpo de Ingenieros y Arquitectos Superiores de la Comunidad de Madrid. Destino: Dirección General de Agricultura. 1991-1997: Investigador de la Unidad de Flora Urbana y Ornamental, Servicio de Investigación Agraria, Comunidad de Madrid. 1996: Consultor de la Unión Europea de la Misión de Evaluación Final del PRIAG, Convenio CORECA-CEE, en Centroamérica. 1993-1994: Investigador visitante del Department of Crop and Soil Sciences, University of Georgia, EEUU. 1992-1993: Investigador visitante de la School of Forest Resources, University of Georgia, EEUU. 1990-1991: Profesor de Jardinería Ayuntamientos de Getafe y Madrid. 1988-1989: Jefe de Desarrollo de Servicios Agrícolas Diversos S.A. 1987: Colaborador del Departamento de Ornamentales, Instituto Canario de Investigación Agraria, Tenerife.*



Laurisilva. Los Tilos de Moya. Gran Canaria.



Cardonal-tabaibal. Gran Canaria.

En la formación del paisaje, además del factor «artificial» que supone el hombre se han de considerar los siguientes elementos que determinan los distintos tipos de paisajes:

- El relieve.
- La climatología.
- La geología y los suelos.
- La vegetación.

Pasemos a continuación a analizar cómo son cada uno de estos factores en la Península Ibérica pasando más adelante a describir estos mismos factores en la Islas Canarias, que por su originalidad e independencia paisajística respecto del paisaje peninsular, merece una consideración aparte.

El relieve

El relieve peninsular se caracteriza por una gran complejidad para la superficie que tiene el país. La Península está dominada por una gran planicie central, la Meseta, que está dividida por una cadena montañosa, el Sistema Central, dejando dos submesetas, una al Norte y otra al sur del mismo. Esta última a su vez es atravesada por los Montes de Toledo en su zona Central y Occidental. Delimitando la Meseta se encuentra por el Norte la cordillera Cantábrica, por el Este el Sistema Central y al Sur por la Sierra Morena. La Meseta está abierta al Océano por el Oeste en una rampa descendente que abarca la mayor parte de Portugal. Como unidades ajenas a la meseta se ubican las dos grandes cordilleras peninsulares, los Pirineos al Noreste, en el Istmo peninsular, y el Sistema Penibético al Sur. Entre ambas cadenas montañosas y el entramado mesetario se encuentran las depresiones del Ebro al Norte y la del Guadalquivir al Sur. Finalmente como cierre de la depresión ibérica por el Mediterráneo se sitúa la Cadena Costero-Catalana, poniendo fin en la descripción de las grandes unidades geográficas españolas. Rodeando todo el conjunto aparece una estrecha franja con un sin fin de pequeños valles y llanuras litorales. Como prolongación de las sierras penibéticas aparecen en medio del Mediterráneo las Islas Baleares.

Como se advierte, el relieve es complejo. El paisaje en las montañas es muy accidentado al ser la mayoría de ellas jóvenes. Se llegan a alcanzar los 3.481 m de altura en el pico Mulhacén (Sistema Penibético) y alturas casi similares en los Pirineos. El carácter montañoso del país se evidencia en su altitud media, que supera los 600 m, sólo menor que Suiza dentro de Europa.

El clima

En rasgos muy generales, la España peninsular tiene dos regímenes pluviométricos, el Norte húmedo con precipitaciones mayores de 600 mm y distribuidos de una forma bastante constante y el Centro, Sur y Este con precipitaciones menores de 600 mm, donde las lluvias tienen una estacionalidad muy marcada, donde la sequía veraniega es el factor climático determinante. Las temperaturas de casi todas las áreas del país están dentro de los rangos habituales de las zonas de clima templado.

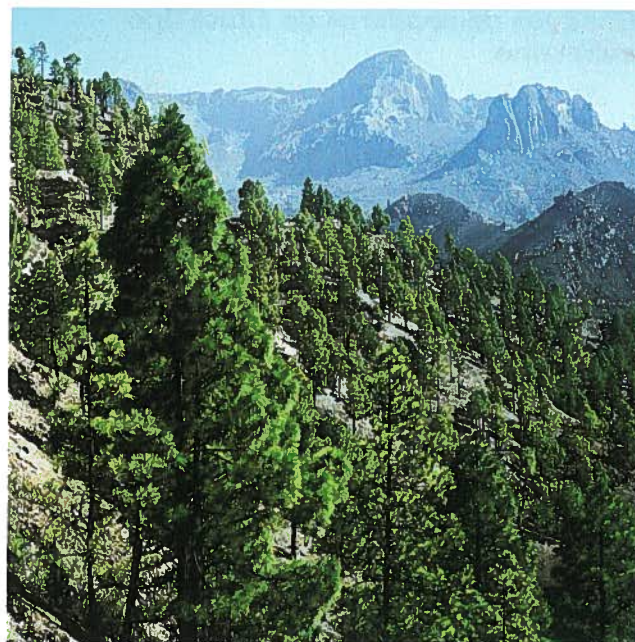
Esta simplificación se ve desbordada a todos los niveles por la orografía del terreno, dándose extremos como las zonas de alta montaña, con clima frío o muy frío y precipitaciones más abundantes, incluso en las cordilleras meridionales, o como las zonas desérticas del Sureste peninsular, donde la Penibética sirve de barrera al paso de los frentes húmedos procedentes tanto del norte como del oeste. Por tanto entre un clima y otro existe toda una sucesión de microclimas locales dependientes del relieve, la orientación respecto los vientos dominantes o respecto a la luz solar, la altitud, la cercanía al mar (o grado de continentalidad) e incluso la acción del hombre (regadíos, urbanización, etc.) que dan un carácter de mosaico a la climatología peninsular.

Geología y suelos

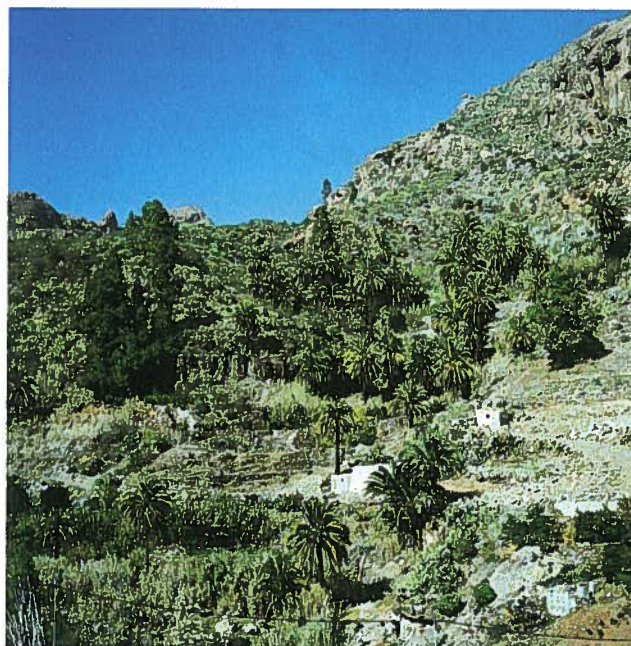
La geología peninsular se divide en dos áreas fundamentales, la zona oeste, que abarca los dos tercios peninsulares, está constituida principalmente por rocas silíceas. El tercio oriental es predominantemente calizo. Estas dos regiones a su vez tienen intrusiones de unas en otras por lo que también a nivel geológico existe una gran diversidad. Aparecen, además diversas manchas de rocas salinas distribuidas en muchas regiones, NE de Cataluña, Bajo Ebro, Mancha, Murcia y Andalucía. Los suelos por tanto tienden a ser ácidos en la parte occidental de la Península, mientras que los suelos básicos calcáreos se encuentran en las zonas orientales. Los suelos salinos tiene grandes cantidades de yeso en zonas del interior, mientras que aparecen concentraciones de sales marinas en las zonas más costeras.

La vegetación

Estudiando tanto el relieve y clima españoles, se puede deducir que la vegetación, como gran componente textural de nuestros paisajes, va a ser a su vez compleja y variada. Aún cuando la península pertenece a dos regiones botánicas diferenciadas, la Eurosiberiana y la Mediterránea, coincidentes *a grosso modo* con la España Húmeda y la Seca, la generalización también es relativa. Con semejantes condicionantes naturales, España se presume como el país europeo con una flora más variada superando las 8.000 especies diferentes, de las cuales más de 1.100 son plantas autóctonas (aunque se debe destacar que de ellas más de la mitad pertenecen al archipiélago canario). En comparación con otros países europeos Alemania tiene sólo 6, Noruega 2, Suecia 4 ó el Reino Unido, 15, sólo Grecia que aunque con un número menor de especies tiene a su vez menor superficie que la española, podría tener una flora endémica equiparable.



Pinar de pino canario. Gran Canaria.



Palmeral de palmera canaria. Gran Canaria.

Las formaciones vegetales peninsulares

Bosques caducifolios de carácter atlántico

Se encuentran extendidos por toda la región atlántica en altitudes bajas y medias. Pueden ser monoespecíficos o con varias especies arbóreas. Las especies más comunes son los robles, hayas, fresnos, alisos, álamos, castaños, olmos y abedules.

Bosques de coníferas de altura tipo subalpino

Se sitúan en la cordillera pirenaica y en las sierras de la mitad norte peninsular, en los pisos altos de vegetación. Las especies más frecuentes son el pino albar, el pino negro y el abeto.

Bosques caducifolios o semicaducifolios de carácter subatlántico o supramediterráneo

Se encuentran distribuidos en las áreas frescas y húmedas de las montañas y sierras del área mediterránea. Son sobre todo melojares y quejigares, y pueden estar en muchos casos mezclados con coníferas.

Bosque esclerófilo Mediterráneo

Es la formación vegetal más extendida en toda la Península y Baleares. Se sitúan en las alturas medias y bajas de todo el territorio de la Iberia seca. Los bosques son en muchos casos mixtos y se ven acompañados de coníferas xerófilas. Los árboles más habituales son la encina, el alcornoque, la coscoja, el acebuche y el algarrobo.

Bosques mediterráneos de coníferas

Están localizados en las mismas áreas que los anteriores. Sus especies características son los pinos negral, piñonero, carrasco y resinero, las sabinas y los enebros.

Zonas de alta montaña

Se sitúan en alturas superiores al piso forestal, donde el desarrollo de los bosques está limitado por las condiciones extremas. La temporada libre de heladas es inexistente, y se pueden producir en cualquier época del año. Sólo especies muy resistentes sobreviven. En general las formaciones vegetales son prados y vegetación rastrera muy resistente.

Matorral Mediterráneo

Es la vegetación que aparece en las zonas de bosques mediterráneos degradados, bien por un exceso de explotación y tala del bosque o por su destrucción por incendios forestales. Las especies más comunes sería jaras, retamas, romeros, lentiscos, lavandas, cantuesos, tomillos, brezos, madroños, aliagas, entre otras muchas. Según el tipo de suelo aparecen unas u otras, ya que unas especies son más acidófilas y otras más calcófilas.

Estepas

Aparecen en las zonas más secas de la Península, valles del Ebro y del Duero, zonas de la Mancha, Sureste. Las especies más frecuentes son el esparto, la manzanilla y en las zonas más cálidas el palmito.

Otras formaciones vegetales naturales minoritarias son las de zonas encharcables como albuferas, lagunas, maris-

mas, áreas pantanosas; la vegetación de las dunas, las turberas, los pedregales, etc.

Los paisajes agrarios

Si bien los anteriores tipos de formaciones naturales determinan el paisaje en España, no se pueden olvidar los paisajes agrarios, que suponen más de la mitad de la superficie del país. El hombre, en su acción sobre el medio, ha transformado los elementos vegetales del paisaje y ha creado, y sigue creando, nuevos elementos paisajísticos que se deben de considerar. Estos paisajes agrarios se pueden subdividir en dos grandes grupos, paisajes ganaderos y paisajes agrícolas según hayan sido modelados por actividades ganaderas o agrícolas.

Paisajes ganaderos

Prados siempre verdes

Se encuentran distribuidos por toda la Iberia húmeda y en las zonas montañosas del Centro y Sur peninsular con suficiente humedad. Se explotan para pasto de ganado bovino y en menor medida de ovino. Suelen estar parcelados con setos de matorral o vallas de piedra. En las zonas menos húmedas se pueden dar riegos de apoyo en la estación más seca, como en Menorca.

Dehesas

Localizadas en el Centro y Oeste del país en mayor proporción, pero se pueden encontrar por todas las zonas secas. Son una suerte de sabanas artificiales donde se tala el bosque primitivo dejando una densidad de árboles variable que permite el pastoreo y a veces el cultivo de la superficie conservando una cubierta arbórea poco densa. Las dehesas más comunes son de encinas, alcornoques y quejigos, aunque otras especies se pueden adhezar, como sabinas y melojos y en muchos casos son mixtas. El ganado que las pastorea puede ser vacuno, ovino y de cerda, típico este último en aprovechar la fructificación de los árboles.

Pastizales

Se extienden por toda la España seca, son en general zonas con suelos pobres, en muchos casos con pendientes suaves o medianas de difícil laboreo. Tiene pastos en otoño-primavera y son aprovechadas por ganado ovino y en menor medida por caprino. Esta presión ganadera impide la regeneración de los bosques.

Paisajes agrícolas

Estepas y campiñas cerealísticas

Sin lugar a dudas, es en superficie el paisaje agrario más extendido en España. Domina el paisaje en las dos mesetas, campiñas andaluzas, parte de Extremadura, grandes áreas del Ebro. Se emplazan en zonas llanas o con ligeras pendientes de las regiones secas con suelos cuya fertilidad es mediana o buena.

Plantaciones leñosas de secano

Son básicamente los olivares y los viñedos y en las zo-

nas más quebradas los almendros. Los olivares se encuentran en las zonas más cálidas al sur del Sistema Central, Bajo Ebro y franja mediterránea, casi en las mismas áreas que los almendros. El viñedo, dominante en el paisaje manchego, se extiende prácticamente por toda la geografía, tanto peninsular como insular.

Los huertos y regadíos

Se localizan en toda la Península y las islas en aquellas zonas donde el agua está disponible, bien porque la precipitación es suficiente, como en los huertos del Norte peninsular, bien por la existencia de regadíos. Integradas en el verde paisaje de la España húmeda, suponen verdaderos oasis de vida vegetal en las zonas áridas de la Iberia seca.

Las Islas Canarias

El hecho de analizar por separado a las Islas Canarias del resto de España se debe a sus características diferenciadas en cuanto a origen geológico, posición geográfica, climatología, relieve y sobre todo por su vegetación única.

Las Canarias tienen un origen geológico de tipo volcánico. En la isla de Tenerife se encuentra la altura máxima del país, el Teide, volcán que alcanza los 3.707 m de altitud. El relieve de las islas es muy accidentado, con pendientes muy pronunciadas, existiendo múltiples y profundos barrancos y valles. Sólo las dos islas orientales, Lanzarote y Fuerteventura, son relativamente planas, con altitudes que sólo sobrepasan los 500 m en pequeños macizos. Por el contrario, las cinco islas occidentales sobrepasan todas los 1.400 m de altitud, elevándose a casi 2.000 m en Gran Canaria y a 2.400 m en la isla de La Palma. Este factor es determinante para explicar el clima de las islas.

Las Canarias están sometidas la mayor parte del tiempo a un régimen de vientos alisios del noreste, que son templados y húmedos. Cuando los alisios llegan a las montañas insulares, se elevan y enfrían, dando lugar a una zona de nieblas permanentes en el norte de las islas que se sitúa entre los 800 y los 1.500 m de altitud, siendo el grosor de este mar de nubes variable entre 300 m en verano y 500 m en invierno. Esta zona de nieblas da origen al fenómeno meteorológico denominado lluvia horizontal, producido al condensarse la humedad sobre la superficie de las plantas y caer en gotas al suelo. Por encima del mar de nubes soplan los alisios del noroeste que son secos y fríos, barriando aquellas nubes que se encuentran en estas alturas.

El sur de las islas está al abrigo de los vientos alisios y por lo tanto de las nubes de condensación y es por lo tanto más seco. La posición geográfica de las islas también influye en su climatología, así las islas más occidentales son más húmedas al estar más influenciadas por el océano, en cambio, las orientales se ven sometidas en muchas ocasiones a vientos muy secos y cálidos procedentes del desierto sahariano dando lugar a las calimas.

Las temperaturas en las islas son suaves durante todo el año, siendo más frescas de lo que correspondería a su lati-

tud debido a la corriente fría de las Canarias que baña sus costas. Asimismo la variación de temperaturas medias del mes más cálido al más frío no supera los 6 u 8° C.

La geografía accidentada, la altitud y el régimen de vientos dan a las islas un carácter variadísimo en cuanto a tipos de vegetación, siendo pequeños continentes en miniatura donde se pasa de las nieves al desierto cálido y de aquí a los bosques húmedos subtropicales. Las zonas de vegetación más representativas de las islas se describen a continuación.

Cardonal-tabaibal

Se encuentra en las zonas bajas de las islas pudiendo llegar hasta los 700 m de altura. Las temperaturas son cálidas y las precipitaciones muy escasas. Las plantas más comunes son crasas y destacan entre ellas el cardón (*Euphorbia canariensis*), la tabaiba (*Euphorbia balsamifera*) y distintas especies del género *Aeonium*.

El bosque termófilo

Es de transición entre el cardonal-tabaibal y la zona forestal. Puede encontrarse entre los 200 y los 600 m de altitud en zonas cálidas y secas. Los árboles más comunes son la sabina (*Juniperus canariensis*), y el acebuche (*Olea europaea* ssp. *cerasiformis*). También hay presencia de matorrales como los lentiscos.

Laurisilva

Se sitúa en la zona norte de las islas con suficiente altura, entre los 400 y 1.000 m de altitud en la zona de nieblas frecuentes provocadas por los alisios. Son bosques subtropicales húmedos. Están dominados por 4 especies de lauráceas; el laurel (*Laurus azorica*), el barbusano (*Apollonias barbujana*), el til (*Ocotea foetens*) y el viñático (*Persea indica*).

Fayal-brezal

Aparece en las alturas superiores a la laurisilva hasta los 1.500 m aproximadamente, o sustituyendo a esta última en las zonas degradadas, siempre en la zona de nieblas. Las dos especies dominantes son la faya (*Mirica faya*) y el brezo (*Erica arborea*), que en Canarias alcanza un tamaño muy notable.

Pinares

Aparece tanto en el norte de las islas como en el sur en alturas entre los 800 y los 2.000 m, en las áreas con clima fresco y seco. La especie dominante es el pino canario (*Pinus canariensis*) que se distribuye de una forma poco densa por el terreno.

Alta montaña

Por encima de los pinares, en las islas de Tenerife, la Palma y algo en Gran Canaria se sitúa una zona arbustiva de montaña donde la retama (*Spartocytisus supranubius*) es muy común y se halla el menos frecuente pero muy característico taginaste rojo (*Echium wildpretii*). Ya en las cumbres del Teide crece solitaria la violeta del Teide (*Viola cheiranthifolia*).

Tabla 1.

Especies de las Islas Canarias adecuadas para xerojardinería

Nombre científico	Nombre común
<i>Echium wildpretii</i>	Taginaste rojo
<i>Spartocytisus supranubius</i>	Retama del Teide
<i>Pinus canariensis</i>	Pino canario
<i>Juniperus canariensis</i>	Sabina canaria
<i>Olea europaea ssp. cerasiformis</i>	Acebuché
<i>Euphorbia balsamifera</i>	Tabaiba dulce
<i>Euphorbia canariensis</i>	Cardón
<i>Phoenix canariensis</i>	Palmera canaria
<i>Dracaena draco</i>	Drago
<i>Argyranthemum spp.</i>	Magarzas, margaritas
<i>Aeonium spp.</i>	Bejeques
<i>Echium spp.</i>	Taginastes
<i>Sideritis spp.</i>	Chachorra, salvia blanca
<i>Juniperus cedrus</i>	Cedro canario
<i>Euphorbia aphylla</i>	Tolda
<i>Euphorbia regis-jubae</i>	Tabaiba
<i>Euphorbia bronssonetii</i>	Tabaiba
<i>Hypericum canariensis</i>	Granadillo
<i>Hedera canariensis</i>	Yedra
<i>Salvia canariensis</i>	Salvia
<i>Senecio webbii</i>	Mayo
<i>Senecio spp.</i>	Senecio
<i>Sonchus spp.</i>	Cerrajos

Aspectos ecofisiológicos de la sequía

En xerojardinería se puede considerar que es el agua el elemento determinante que condiciona al resto de los factores del proyecto del jardín: diseño, sustratos, elección de especies, etc.

Se pretende que la eficiencia en la utilización de un recurso escaso como el agua sea máxima. Parece por lo tanto, que es muy necesario un buen conocimiento de las consecuencias que acarrea la falta de agua en las plantas. El contenido de agua de las plantas es muy elevado, llegando en muchos casos a ser más del 90% del peso fresco. El agua no sólo supone el constituyente principal de las plantas sino que es necesario en prácticamente la totalidad de los procesos fisiológicos que se producen en los seres vivos. La fotosíntesis, la respiración, la absorción de nutrientes, etc., utilizan el agua para llevarse a cabo. La no disponibilidad de una cantidad suficiente de agua, afectará por tanto al desarrollo de las plantas de una manera tanto más importante como intensa sea la escasez del recurso.

Consecuencias de la falta de agua

Las plantas son seres vivos que tienen una gran capacidad de soportar condiciones ambientales muy variables. Temperaturas muy diferentes entre el día y la noche y a su vez entre las estaciones del año, exposiciones a las radiaciones solares diurnas seguidas de la oscuridad nocturna, vientos de velocidades altas, etc.

También esta plasticidad para soportar condiciones variables existe cuando se trata de disponibilidad de recursos hídricos. Periodos de encharcamiento seguidos de sequías son soportados por muchas especies vegetales como parte de su adaptación al entorno. A medida que la falta de agua se hace más intensa, las plantas van exhibiendo distintos mecanismos de adaptación para su supervivencia en estas condiciones.

Se considera que hay tres niveles de respuesta a la sequía por las plantas:

1. Reacciones inmediatas. Son los mecanismos que una planta sometida en un momento puntual a la sequía desarrolla para evitar o disminuir el daño que la falta de agua pueda causar en su desarrollo.

2. Mecanismos de tolerancia. Son los de endurecimiento y resistencia a la sequía. Aparecen después de someter a las plantas a una escasez pertinaz de agua durante un periodo de tiempo más o menos prolongado.

3. Mecanismos de adaptación. Son las características que desarrollan las especies a través de la evolución para adaptarse a los climas áridos, y por lo tanto se conservan y se heredan de unas generaciones a otras.

Reacciones inmediatas

En la mayoría de los casos son procesos fisiológicos que la planta pone en marcha o modifica ante la falta de agua. El ahorro de agua por parte de la planta supone la primera reacción ante la escasez. Los estomas de las hojas se cierran, reduciendo al máximo el intercambio gaseoso con el exterior y por tanto disminuye proporcionalmente la transpiración, lo que evita la pérdida de agua. Asimismo el intercambio gaseoso impide la entrada de CO₂, imprescindible en la fotosíntesis, por lo que ésta se ralentiza llegando a paralizarse. Al ser la fotosíntesis un proceso muy consumidor de agua, ésta se ahorra en grandes cantidades. La fotoinhibición es más acentuada en las horas centrales del día, cuando la radiación solar es mayor.

En muchos casos se produce un aumento del potencial osmótico de tal forma que las raíces tengan más capacidad de absorber el agua del suelo.

Si la escasez de agua continúa, se puede provocar el marchitamiento de las hojas, que al producirse se doblan y se quedan en una posición más vertical lo que disminuye el área expuesta a la radiación solar del mediodía. También se puede producir enrollamiento de las hojas con las mismas consecuencias que con el marchitamiento. Este mecanismo puede ser irreversible en algunas especies pero en otras, en el momento que hay disponibilidad de agua, se recupera la posición normal.

de las hojas. A medida que la sequía avanza, llega a producirse la destrucción de la clorofila, y como consecuencia la parada de la fotosíntesis.

También se produce la peroxidación de los lípidos y la bajada del contenido proteico de la parte aérea de la planta, sin embargo en la zona radicular no ocurren estas reacciones.

Finalmente, se llega a la abscisión de los órganos de las plantas; hojas, flores y frutos.

Mecanismos de tolerancia

Si el suministro de agua es deficiente en el tiempo, se empiezan a dar fenómenos de endurecimiento en las plantas. El sistema radicular se desarrolla mucho más para encontrar nuevos recursos hídricos a más profundidad. El crecimiento en superficie de las hojas es menor, el número de hojas que se produce es más bajo. Las paredes celulares se engrosan aumentando sobre todo, su contenido en hemicelulosa, que tiene una gran capacidad de retención de agua. Como consecuencia de ello, aumenta el peso específico de la hoja.

La arquitectura de la planta se va modificando, produciéndose más empaquetamiento de la vegetación, creando zonas protegidas de las radiaciones solares en su interior.

Mecanismos de adaptación

Hasta ahora se ha descrito la reacción inmediata de la planta a la ausencia de agua y la capacidad de endurecimiento cuando la sequía es pertinaz.

Cuando la sequía es un factor periódico en el ecosistema, las plantas no sólo reaccionan puntualmente, sino que evolucionan y desarrollan características que les permiten ahorrar agua durante todo su ciclo vital.

El área foliar se reduce mucho, incluso llegando a desaparecer la hoja como tal quedando en forma de espinas como ocurre en los cactus. La carnosidad de tallos y hojas aumenta. Se incrementa la densidad de pelos epidérmicos. La producción de ceras en la superficie de hojas y tallos es mayor. Los sistemas radiculares se desarrollan a gran profundidad y muy extensamente, ocupando un volumen de suelo mucho mayor que el volumen ocupado por la parte aérea. La relación biomasa aérea/biomasa subterránea disminuye por este motivo.

Los estomas aparecen hundidos en muchas especies para disminuir la transpiración. También en muchas hojas existe una gran densidad de nerviaciones. Las plantas adquieren una gran capacidad de retención de agua al aumentar la presión osmótica interna.

En cuanto a la reproducción, en muchos casos se hace más frecuente la propagación por estolones. En cuanto a las semillas que se producen suelen ser muy numerosas, pequeñas y ligeras. ◀



Dragos. Jardín Botánico Canario «Viera y Clavijo». Tafira Alta. Gran Canaria.



Mulching de picón (ceniza volcánica) en palmeras. Jardín Botánico Canario «Viera y Clavijo». Tafira Alta. Gran Canaria.

Bibliografía

- Abrams, M.D., B.D. Kloeppe y M.E. Kubiske. 1992. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. *Tree Physiology*. 10:4, 343-355.
- Abrams, M.D., M.E. Kubiske y K.C. Steiner. 1990. Drought adaptations and responses in five genotypes of *Fraxinus pennsylvanica* Marsh: photosynthesis, water relations and leaf morphology. *Tree Physiology* 6:3, 305-315.
- Ahmed, K.A. Morphological and anatomical studies on *leucaena glauca* Benth. «wild tamarind» cultivated in Egypt. 1988. *Annals of Agricultural Science Cairo*. 33:2, 719-730.
- Basioumy, F.M., K. Basioumy y M. Maloney. 1994. Influence of water stress on abscisic acid and ethylene production in tomato under different PAR levels. *Journal of Horticultural Science* 69(3):535-541.
- Bofill, R.M. 1974. Atlas de geografía de España. Ediciones Jover S.A. Barcelona. España. (ISBN:84-7093-018-4).
- Bramwell, D. y Z.I. Bramwell. 1994. Flores silvestres de las Islas Canarias. Editorial Rueda. Alcorcón (Madrid). España. (ISBN:84-7207-062-X).
- Burés, S. 1993. Xerojardinería. Ediciones de Horticultura. S. L. Reus. España (ISBN:84-87729-11-8).
- Cañizo, J.A. y R. González Andreu. 1994. Jardines. Diseño. Proyecto. Plantación. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. (ISBN:84-7114-470-0).
- Ceballos, A., J. Fernández Casas y F.M. Garmendia. 1980. Plantas silvestres de la Península Ibérica. H. Blume Ediciones. Madrid. España. (ISBN:84-7214-187-X).
- Font, I. 1983. Climatología de España y Portugal. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. España. (ISBN:84-500-9497-4).
- García Cabezón, A. y J.A. Rodríguez. 1984 Jardín Botánico de la Orotava. Editorial Everest. León. España. (ISBN:84-241-4466-X).
- García Cabezón, A. 1965. Jardín de Aclimatación de la Orotava. Guía descriptiva. Tenerife. España.
- Gómez Manzaneque, F. et al. 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Editorial Planeta. Barcelona. España. (ISBN:84-08-01924-4).
- Heide Joergensen, H.S. 1990. Xeromorphic leaves of *Hakea suaveolens* R. Br.IV. Ontogeny, structure and function of sclereids. *Australian Journal of Botany*. 38:1, 25-43.
- Hsiao, T.C. 1993. Growth and productivity of crops in relation to water status. *Acta Horticulturae* 335:141-148.
- Jordan, W.R. 1983. Limitations to efficient water use in crop production. Taylor, Jordan and Sinclair eds. ASA-CSSA-SSA, 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin. Estados Unidos de América. Chapter 7A. Whole plant response to water deficits. An overview.
- López, J.M. y D. Bramwell. Folleto Jardín Botánico Canario Viera y Clavijo. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Menéndez, F. 1968. Catálogo de la plantas existentes en el Jardín de Aclimatación de la Orotava. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Ministerio de Agricultura. Puerto de la Cruz. Tenerife. España.
- Price, A.H. y G.A. Hendry. F. 1991. Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell and Environment*. 14:4, 477-484.
- Prieto, E. 1980. Glosario de términos botánicos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid. España. (ISBN:84-740-076-4).
- Ramos, A. Coordinador. 1987. Diccionario de la naturaleza. Hombre, ecología y paisaje. Espasa-Calpe S.A. Madrid. España. (ISBN:84-239-6949-5).
- Savé, R., C. Olivella, C. Biel, J. Adillón y R. Rabella. 1994. Seasonal patterns of water relationships, photosynthetic pigments and morphology of *Actinidia deliciosa* plants of the Hayward and Tomuri cultivars. *Agronomie* 2:121-126.
- Savé, R., J. Peñuelas, O. Marfà y L. Serrano. 1993. Changes in leaf osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. *HortScience* 28(9):925-927.
- Terradas, J. y R. Savé. 1992. The influence of summer and winter stress and water relationships on the distribution of *Quercus ilex* L. *Vegetatio* 99-100:137-145.
- Zhang, Y.J., W.H. Hou y Y.X. Hou. 1988. Ecological characteristics of several dune-fixing shrubs and trees in the Min-Qin district in Gansu Province. *Chinese Journal of Arid Land Research*. 1:4, 323-333.

Las plantas en xerojardinería

Plantas adecuadas para Xerojardinería en la Península Ibérica y Baleares

Josep Maria Pagès i Clavaguera (*)

► Introducción

La elección de las especies es una de las fases más importantes en un proyecto de jardinería o paisajismo. Pero generalizar y nombrar las especies utilizables en xerojardinería no es tarea sencilla. ¿Dónde se fija el límite de una especie para incluirla o excluirla? Es fácil suponer que este capítulo será uno de los más consultados por quien busca una receta fácil. Pero el listado de especies no soluciona todos los problemas. Es indispensable conocer el clima y especialmente el régimen hídrico de la zona, las características del suelo y, por supuesto muy bien, la especie: su forma, su textura, su resistencia al frío, su hábito de crecimiento, sus características ornamentales, su ubicación más aconsejable, etc. Además, la adaptación de una misma especie puede variar según la edad e incluso según el tipo de cultivo que ha tenido en el vivero.

Evidentemente la característica que debemos conocer perfectamente en xerojardinería es la necesidad hídrica de las plantas. Muchas plantas pueden crecer sin agua suplementaria una vez establecidas. Sólo con un buen conocimiento de las especies, éstas se pueden utilizar correctamente en un proyecto de xerojardinería. La disponibilidad de estas especies en los viveros debe tenerse también en cuenta en la fase de redacción del proyecto.

Disponibilidad de estas especies en los viveros

No todas las plantas aconsejables para xerojardinería están fácilmente disponibles en los viveros. Desde que se crearon los primeros viveros comerciales se han producido especies aptas para xerojardinería pues, aún sin conocer el concepto, lo son bastantes de las especies autóctonas cultivadas, por ejemplo: *Celtis*, *Platanus*, *Quercus suber*, *Q. ilex*, *Viburnum tinus*. Avanzando en este siglo, y hasta finales de los años ochenta, las especies que se introducían en los viveros procedían principalmente de otros viveros europeos. La razón es que en España prácticamente no había centros de investigación ni obtenedores privados de plantas ornamentales para jardinería. Pero las especies y variedades introducidas de regiones más septentrionales de Europa tienen, generalmente, unas necesidades hídricas superiores.

No cabe duda que desde la introducción de la xerojardinería ha crecido el interés de los viveristas por producir las plantas necesarias. Ha aumentado el número de viveros que producen especies adecuadas para la xerojardinería, algunos como complemento a la producción ornamental podríamos decir estándar, y otros viveros ya como una especialización, unido al auge de la producción de plantas autóctonas para recuperación ambiental o restauración del paisaje.

(*) Josep Maria Pagès i Clavaguera: Ingeniero Técnico Agrícola; Máster en Gestión y Administración de Empresas (Universitat Politècnica de Catalunya). Responsable técnico de la Asociación de Viveristas de Girona desde 1986 (Associació de Viveristes de Girona; Mas Badia; 17134 Canet de la Tallada -Girona-; Tel. 972 780275; Fax. 972 780517; e-mail: pages_y@masbadia.irta.es), ha colaborado en proyectos de introducción de especies silvestres para su uso como ornamentales, ha participado como profesor en varios cursos post-universitarios y como ponente en numerosos congresos. Es miembro de la Junta Directiva de la Asociación Española de Arboricultura y Vicepresidente del Colegio de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña.

¹ Con la colaboración de: Pere Cabot, Ingeniero Agrónomo, Departamento de Genética Vegetal, IRTA. Josep Cónsola, Ingeniero Técnico Agrícola, ACYCSA. David Joher, biólogo, Vivers CASA PARAIRE. Joan Parera, Ingeniero Técnico Agrícola, BIORIZA.



La disponibilidad de especies de Xerojardinería debe tenerse en la fase de redacción del proyecto.

Pero, si bien va aumentando año tras año la gama y la cantidad de plantas producidas, debe siempre confirmarse su disponibilidad en los viveros, la existencia concreta de una especie en un tamaño y presentación determinados. Una solución para evitar sorpresas durante la ejecución de la obra, y asegurar la disponibilidad de la especie deseada y en la presentación esperada, es llegar a un acuerdo por adelantado con un vivero para que lo produzca: un contrato de cultivo. Muchas de las obras de jardinería o paisajismo en las que se aconseja o exige el uso de plantas para xerojardinería, son proyectos que se conocen con bastante antelación. El proyecto debe prever la posibilidad de contratar la producción de las plantas necesarias con uno o varios viveros.

Relación de especies adecuadas²

Partiendo de la anterior edición del libro Xerojardinería, hemos mantenido la misma estructura. En la relación no se ha evaluado el valor ornamental de las especies, y debe tenerse en cuenta que algunas son muy aptas para restauración del paisaje pero no tan idóneas para jardines privados o urbanos. Tampoco se ha entrado a detallar variedades, que en muchos casos tienen exigencias bien di-

ferentes. Por otra parte es de vital importancia recordar de nuevo que es una lista muy general, y que en la península Ibérica y en Baleares existen zonas o regiones húmedas en alguna época del año y otras mucho más extremas.

No es fácil clasificar las especies, y existe el riesgo de que esta lista no satisfaga a todos. Ha sido elaborada partiendo de puntos de vista diferentes, y es la experiencia propia la que debe aconsejar unas u otras especies, basándose en todos los atributos y características de las mismas. Conforme aumente la experimentación con nuevas especies y se difunda el cultivo y la utilización de muchas de las listadas, se profundizará en su conocimiento y en la respuesta que tienen en las diferentes zonas. Por eso esta relación no es en ningún caso definitiva. Los autores agradecerán recibir propuestas para nuevas ediciones.

Dentro de la lista general de especies, se ha señalado especialmente las plantas más resistentes a la sequía. Así, se han señalado con un asterisco adicional las especies que sólo necesitan un riego ocasional y moderado, sin el cual presentan un aspecto bastante degradado, y con dos asteriscos las especies que necesitan poco o ningún riego y que vegetan bien sólo con las lluvias habituales. Evidentemente estas consideraciones dependerán de las características de la zona donde se establezcan estas plantas. ◀

²Aunque se ha puesto un gran esmero en la elaboración de la lista, los autores no se responsabilizan del resultado de las actuaciones realizadas siguiendo estas recomendaciones, pues multitud de factores pueden influir en el éxito o el fracaso de las mismas.

Arboles de hoja caduca	
<i>Acer campestre</i>	*
<i>Acer granatense</i>	*
<i>Acer monspessulanum</i>	**
<i>Acer negundo</i>	*
<i>Acer negundo var. violaceum</i>	*
<i>Ailanthus altissima</i>	**
<i>Albizia julibrissin</i>	*
<i>Albizia julibrissin 'Ombrella'</i>	*
<i>Broussonetia papyrifera</i>	*
<i>Catalpa bignonioides</i>	*
<i>Celtis australis</i>	**
<i>Crataegus azarolus</i>	*
<i>Crataegus x carrierei</i>	*
<i>Crataegus laevigata</i>	*
<i>Crataegus monogyna</i>	**
<i>Crataegus tanacetifolia</i>	*
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	**
<i>Ginkgo biloba</i>	*
<i>Gleditsia triacanthos</i>	**
<i>Gleditsia triacanthos 'Inermis'</i>	**
<i>Gleditsia triacanthos 'Sunburst'</i>	**
<i>Koelreuteria paniculata</i>	*
<i>Malus sylvestris</i>	*
<i>Melia azedarach</i>	**
<i>Morus alba</i>	*
<i>Morus alba 'Fruitless'</i>	*
<i>Morus alba 'Kagayamae'</i>	*
<i>Morus alba 'Multicaulis'</i>	*
<i>Paulownia tomentosa</i>	*
<i>Pistacia vera</i>	*
<i>Platanus x hispanica (= P. acerifolia)</i>	**
<i>Platanus orientalis 'Cuneata'</i>	**
<i>Prosopis chilensis</i>	**
<i>Prunus avium</i>	*
<i>Prunus cerasifera</i>	*
<i>Prunus dulcis</i>	**
<i>Prunus mahaleb</i>	**
<i>Punica granatum</i>	**
<i>Pyrus salviifolius</i>	*
<i>Pyrus spinosa</i>	**
<i>Quercus cerris</i>	**
<i>Quercus faginea</i>	**
<i>Quercus macrocarpa</i>	*
<i>Quercus pubescens</i>	**
<i>Quercus robur</i>	*
<i>Rhus typhina</i>	*
<i>Robinia pseudoacacia</i>	*
<i>Robinia pseudoacacia 'Casque Rouge'</i>	*
<i>Robinia pseudoacacia 'Frisia'</i>	*
<i>Robinia pseudoacacia 'Unifolia'</i>	*
<i>Robinia pseudoacacia 'Bessoniana'</i>	*
<i>Sophora japonica</i>	*
<i>Sorbus aucuparia</i>	*
<i>Sorbus domestica</i>	**
<i>Sorbus torminalis</i>	*
<i>Tamarix africana</i>	*
<i>Tamarix anglica</i>	*
<i>Tamarix canariensis</i>	*
<i>Ulmus parvifolia</i>	**
<i>Ulmus pumila</i>	**
<i>Ulmus 'Sapporo Autumn Gold'</i> (= <i>Ulmus Resista</i> ®)	**
<i>Zelkova serrata</i>	*
<i>Ziziphus jujuba</i>	**

Arboles de hoja perenne	
<i>Abies cephalonica</i>	**
<i>Abies pinsapo</i>	*
<i>Acacia baileyana</i>	**
<i>Acacia cyanophylla</i>	**
<i>Acacia cyclops</i>	**
<i>Acacia longifolia</i>	**
<i>Acacia melanoxylon</i>	**
<i>Acacia pendula</i>	**
<i>Acacia podalyriaefolia</i>	**
<i>Acacia pycnantha</i>	**
<i>Acacia saligna</i>	**
<i>Arbutus unedo</i>	**
<i>Buxus balearica</i>	**
<i>Callistemon citrinus</i>	*
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	*
<i>Casuarina stricta</i>	*
<i>Cedrus atlantica</i>	*
<i>Cedrus deodara</i>	*
<i>Ceratonia siliqua</i>	**
<i>Coronilla emerus</i>	*
<i>Cupressocyparis x leylandii</i>	*
<i>Cupressus cashmeriana</i>	*
<i>Cupressus glabra</i>	**
<i>Cupressus lusitanica</i>	*
<i>Cupressus macrocarpa</i>	**
<i>Cupressus sempervirens</i>	**
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	**
<i>Eucalyptus ficifolia</i>	**
<i>Eucalyptus globulus</i>	**
<i>Eucalyptus gunnii</i>	**
<i>Eucalyptus leucoxydon</i>	**
<i>Eucalyptus polyanthemus</i>	**
<i>Eucalyptus sideroxylon</i>	**
<i>Eucalyptus viminalis</i>	**
<i>Feijoa sellowiana</i>	*
<i>Grevillea robusta</i>	*
<i>Juniperus oxycedrus</i>	**
<i>Juniperus phoenicea</i>	**
<i>Juniperus thurifera</i>	**
<i>Laurus nobilis</i>	*
<i>Leptospermum laevigatum</i>	**
<i>Melaleuca armillaris</i>	**
<i>Melaleuca elliptica</i>	**
<i>Melaleuca nesophylla</i>	**
<i>Metrosideros excelsus</i>	**
<i>Myoporum spp.</i>	*
<i>Nerium oleander</i>	*
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	**
<i>Olea europaea</i>	**
<i>Phillyrea latifolia</i>	**
<i>Photinia x fraseri</i>	*
<i>Pinus brutia</i>	**
<i>Pinus canariensis</i>	**
<i>Pinus halepensis</i>	**
<i>Pinus pinaster</i>	**
<i>Pinus pinea</i>	**
<i>Pinus radiata</i>	*
<i>Pinus sylvestris</i>	*
<i>Pinus thunbergiana</i>	*
<i>Pistacia lentiscus</i>	**
<i>Pittosporum crassifolium</i>	**
<i>Pittosporum phillyraeoides</i>	**

<i>Pittosporum undulatum</i>	**
<i>Pittosporum viridiflorum</i>	**
<i>Psidium littorale</i>	**
<i>Quercus faginea subsp. alpestris</i>	**
<i>Quercus faginea subsp. faginea</i>	**
<i>Quercus ilex</i>	**
<i>Quercus suber</i>	**
<i>Rhamnus alaternus</i>	**
<i>Schinus aroreira</i>	*
<i>Schinus molle</i>	*
<i>Sequoia sempervirens</i>	*
<i>Tetraclinis articulata</i>	*

Arbustos de hoja caduca	
<i>Amelanchier canadensis</i>	*
<i>Amelanchier ovalis</i>	*
<i>Berberis thunbergii</i>	*
<i>Buddleia davidii</i>	*
<i>Colutea arborescens</i>	**
<i>Crataegus monogyna</i>	**
<i>Cytisus scoparius</i>	**
<i>Elaeagnus commutata</i>	**
<i>Euphorbia dendroides</i>	**
<i>Lonicera etrusca</i>	*
<i>Paliurus spina-christi</i>	**
<i>Pistacia atlantica</i>	**
<i>Pistacia terebinthus</i>	**
<i>Prunus spinosa</i>	**
<i>Punica granatum</i>	**
<i>Pyracantha coccinea</i>	**
<i>Rhamnus saxatilis</i>	**
<i>Rosa canina</i>	*
<i>Rosa rugosa</i>	*
<i>Rosa spinosissima</i>	*
<i>Rosa virginiana</i>	*
<i>Syringa vulgaris</i>	*
<i>Tamarix africana</i>	*
<i>Tamarix anglica</i>	*
<i>Tamarix canariensis</i>	*
<i>Viburnum laniana</i>	*
<i>Vitex agnus-castus</i>	*

Arbustos de hoja perenne	
<i>Abelia grandiflora</i>	*
<i>Acacia cultriformis</i>	**
<i>Acacia verticillata</i>	**
<i>Adenocarpus decorticans</i>	*
<i>Anthyllis cytisoides</i>	**
<i>Arbutus unedo</i>	**
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	*
<i>Artemisia herba-alba</i>	**
<i>Atriplex glauca</i>	**
<i>Atriplex halimus</i>	**
<i>Bupleurum fruticosum</i>	*
<i>Buxus balearica</i>	**
<i>Buxus sempervirens</i>	**
<i>Callistemon rigidus</i>	*
<i>Callistemon viminalis</i>	*
<i>Cinerea speciosa</i>	*
<i>Cistus albidus</i>	**
<i>Cistus clusii</i>	**
<i>Cistus crispus</i>	**

<i>Cistus ladanifer</i>	**
<i>Cistus laurifolius</i>	**
<i>Cistus monspeliensis</i>	**
<i>Cistus salvifolius</i>	**
<i>Cneorum tricoccon</i>	**
<i>Convolvulus cneorum</i>	*
<i>Cotoneaster buxifolia</i>	*
<i>Cotoneaster congestus</i>	*
<i>Cotoneaster lactea</i>	*
<i>Cytisus x praecox</i>	*
<i>Daphne gnidium</i>	*
<i>Daphne laurifolia</i>	*
<i>Elaeagnus pungens</i>	*
<i>Ephedra fragilis</i>	**
<i>Erica arborea</i>	*
<i>Erica multiflora</i>	**
<i>Euonymus japonicus</i>	
<i>Euryops pectinatus</i>	*
<i>Feijoa sellowiana</i>	*
<i>Genista cinerea</i>	**
<i>Genista hispanica</i>	*
<i>Genista ramossissima</i>	*
<i>Genista scorpius</i>	*
<i>Genista spartioides</i>	*
<i>Grevillea rosmarinifolia</i>	*
<i>Grevillea thelemanniana</i>	*
<i>Hypericum balearicum</i>	**
<i>Jasminum fruticans</i>	*
<i>Juniperus chinensis</i>	*
<i>Juniperus communis</i>	**
<i>Juniperus oxycedrus</i>	**
<i>Lantana camara</i>	*
<i>Laurus nobilis</i>	*
<i>Leonitis leonurus</i>	**
<i>Leptospermum scoparium</i>	**
<i>Limoniastrum monopetalum</i>	**
<i>Lonicera implexa</i>	**
<i>Mahonia aquifolia</i>	
<i>Mahonia pinnata</i>	
<i>Medicago sativa</i>	*
<i>Myrica faya</i>	*
<i>Myrtus communis</i>	**
<i>Nandina domestica</i>	*
<i>Nerium oleander</i>	*
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	**
<i>Phlomis fruticosa</i>	*
<i>Phyllirea angustifolia</i>	**
<i>Pittosporum tobira</i>	*
<i>Psidium guajava</i>	
<i>Ononis aragonensis</i>	**
<i>Ononis fruticosa</i>	**
<i>Ononis natrx</i>	**
<i>Quercus calliprinos</i>	*
<i>Quercus coccifera</i>	**
<i>Raphiolepis indica</i>	*
<i>Raphiolepis ovata</i>	*
<i>Retama monosperma</i>	**
<i>Retama sphaerocarpa</i>	**
<i>Rhamnus alaternus</i>	**
<i>Rhamnus ludovici-salvatoris</i>	**
<i>Rhamnus lycioides</i>	**
<i>Rosmarinus officinalis</i>	**

<i>Ruscus aculeatus</i>	*
<i>Salvia angustifolia</i>	*
<i>Salvia microphylla</i>	*
<i>Salvia sclarea</i>	*
<i>Spartium junceum</i>	**
<i>Thymelaea hirsuta</i>	*
<i>Viburnum odoratissimum</i>	
<i>Viburnum suspensum</i>	
<i>Viburnum tinus</i>	
<i>Yucca filamentosa</i>	**

Plantas tapizantes

<i>Achillea ageratum</i>	*
<i>Achillea odorata</i>	*
<i>Aloe vera</i>	
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	
<i>Arabis alpina</i>	*
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	*
<i>Argyrobium zanonii</i>	**
<i>Armeria maritima</i>	**
<i>Asteriscus maritimus</i>	**
<i>Capparis spinosa</i>	**
<i>Ceanothus gloriosus</i>	
<i>Cerastium tomentosum</i>	*
<i>Ceratostigma plumbaginoides</i>	*
<i>Chamaebuxus vayredae</i>	
<i>Cistus crispus</i>	**
<i>Cistus salviifolius</i>	**
<i>Coprosma kirki</i>	*
<i>Coprosma repens</i>	
<i>Coronilla minima</i>	**
<i>Cotoneaster buxifolia</i>	
<i>Cotoneaster congestus</i>	
<i>Cotoneaster horizontalis</i>	
<i>Drosanthemum floribundum</i>	**
<i>Euphorbia myrsinites</i>	*
<i>Festuca ovina</i>	**
<i>Frankenia corymbosa</i>	**
<i>Frankenia laevis</i>	**
<i>Frankenia pauciflora</i>	**
<i>Frankenia thymifolia</i>	**
<i>Genista hispanica</i>	**
<i>Globularia alypum</i>	
<i>Globularia cordifolia</i>	**
<i>Hedera helix</i>	*
<i>Helianthemum almeriense</i>	**
<i>Helianthemum alypoides</i>	**
<i>Helianthemum appeninum</i>	**
<i>Helianthemum croceum</i>	**
<i>Helianthemum nummularium</i>	**
<i>Helianthemum squamatum</i>	**
<i>Hypericum calycinum</i>	
<i>Hypericum pollyphyllum</i>	*
<i>Iberis sempervirens</i>	*
<i>Juniperus chinensis</i>	**
<i>Juniperus communis</i>	**
<i>Juniperus horizontalis</i>	**
<i>Juniperus sabina</i>	**
<i>Juniperus squamata</i>	**
<i>Juniperus virginiana</i>	**
<i>Kochia scoparia</i>	**

<i>Lampranthus aurantiacus</i>	**
<i>Lantana montevidensis</i>	*
<i>Lippia repens</i>	*
<i>Lithodora fruticosa</i>	
<i>Lithodora oleifolia</i>	
<i>Lotus corniculatus</i>	*
<i>Lotus creticus subsp. creticus</i>	**
<i>Lotus creticus subsp. cytisoides</i>	**
<i>Mahonia aquifolia</i>	
<i>Mesembryanthemum spp.</i>	*
<i>Myoporum spp.</i>	
<i>Nepeta mussini</i>	
<i>Osteospermum spp.</i>	
<i>Otanthus maritimus</i>	**
<i>Phlox subulata</i>	*
<i>Potentilla reptans</i>	
<i>Prunus prostrata</i>	
<i>Putoria calabrica</i>	**
<i>Rosmarinus officinalis var. palau</i>	**
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	**
<i>Santolina virens</i>	**
<i>Saponaria ocyroides</i>	*
<i>Sedum acre</i>	*
<i>Sedum sediforme</i>	**
<i>Sedum sieboldii</i>	*
<i>Teucrium aragonense</i>	
<i>Teucrium chamaedrys</i>	**
<i>Thymus baeticus</i>	**
<i>Thymus hyemalis</i>	**
<i>Thymus serpyllum</i>	*
<i>Thymus zygis</i>	**
<i>Vinca minor</i>	*
<i>Viola odorata</i>	

Plantas vivaces y aromáticas

<i>Acanthus mollis</i>	
<i>Achillea millefolium</i>	*
<i>Amaryllis belladonna</i>	*
<i>Anabasis articulata</i>	**
<i>Anthyllis vulneraria</i>	**
<i>Aquilegia cazorlensis</i>	*
<i>Aquilegia vulgaris</i>	*
<i>Armeria maritima</i>	**
<i>Asclepias tuberosa</i>	**
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	**
<i>Asphodelus fistulosus</i>	**
<i>Centranthus ruber</i>	**
<i>Cerastium tomentosum</i>	*
<i>Chrysanthemum parthenium</i>	*
<i>Coreopsis lanceolata</i>	*
<i>Coreopsis verticillata</i>	*
<i>Cyclamen hederifolium</i>	*
<i>Dianthus barbatus</i>	*
<i>Dictamnus hispanicus</i>	*
<i>Erigeron karvinskianus</i>	*
<i>Erigeron speciosus</i>	*
<i>Euphorbia epithymoides</i>	**
<i>Euphorbia myrsinites</i>	**
<i>Felicia amelloides</i>	*
<i>Filipendula vulgaris</i>	*

<i>Gaillardia aristata</i>	**
<i>Gaillardia x grandiflora</i>	**
<i>Gaillardia pulchella</i>	**
<i>Gazania rigens</i>	**
<i>Goniolimon tataricum</i>	**
<i>Hyssopus officinalis</i>	**
<i>Iris foetidissima</i>	*
<i>Lavandula angustifolia</i>	**
<i>Lavandula dentata</i>	**
<i>Lavandula lannata</i>	**
<i>Lavandula latifolia</i>	**
<i>Lavandula stoechas</i>	**
<i>Limonium cossonianum</i>	**
<i>Limonium insigne</i>	**
<i>Limonium latifolium</i>	**
<i>Linum perenne</i>	**
<i>Lychnis chalconica</i>	**
<i>Malva umbellata</i>	*
<i>Mesembryanthemum spp.</i>	*
<i>Moricandia arvensis</i>	**
<i>Nepeta mussini</i>	**
<i>Oenothera missouriensis</i>	*
<i>Oenothera tetragona</i>	*
<i>Paeonia broteroi</i>	**
<i>Paeonia mascula</i>	**
<i>Paeonia officinalis</i>	*
<i>Pelargonium x hortorum</i>	
<i>Penstemon heterophyllus</i>	*
<i>Phlomis herba-venti</i>	
<i>Potentilla nepalensis</i>	*
<i>Potentilla reptans</i>	*
<i>Rudbeckia hirta</i>	*
<i>Ruta graveolens</i>	**
<i>Salvia leucantha</i>	**
<i>Salvia officinalis</i>	**
<i>Saponaria officinalis</i>	*
<i>Scilla peruviana</i>	*
<i>Sedum spectabile</i>	**
<i>Sedum spurium</i>	**
<i>Tagetes patula</i>	*
<i>Tulipa clusiana</i>	*
Plantas anuales	
<i>Cleome spinosa</i>	**
<i>Consolida ambigua</i>	*
<i>Coreopsis tinctoria</i>	*
<i>Cosmos bipinnatus</i>	*
<i>Dianthus barbatus</i>	**
<i>Dimorphoteca sinuata</i>	*
<i>Dorotheanthus bellidiformis</i>	**
<i>Erysimum perofskianum</i>	**
<i>Eschscholzia californica</i>	**
<i>Gypsophila elegans</i>	*
<i>Helianthus annuus</i>	*
<i>Helichrysum bracteatum</i>	*
<i>Kochia scoparia</i>	**
<i>Limonium pectinatum</i>	**
<i>Limonium sinense</i>	**
<i>Limonium sinuatum</i>	**
<i>Linaria maroccana</i>	*
<i>Lobularia maritima</i>	**

<i>Matricaria recutita</i>	*
<i>Papaver rhoeas</i>	*
<i>Papaver somniferum</i>	*
<i>Portulaca grandiflora</i>	**
<i>Rudbeckia hirta</i>	*
<i>Silene pendula</i>	**
Hierbas ornamentales	
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	**
<i>Andropogon spp.</i>	**
<i>Arrhenatherum elatius</i>	**
<i>Briza maxima</i>	*
<i>Cortaderia selloana</i>	*
<i>Festuca ovina</i>	**
<i>Hyparrhenia hirta</i>	*
<i>Imperata cylindrica</i>	
<i>Lygeum spartum</i>	**
<i>Melica ciliata</i>	**
<i>Miscanthus sinensis</i>	*
<i>Pennisetum villosum</i>	**
<i>Phalaris arundinacea</i>	*
<i>Phormium tenax</i>	*
<i>Sacharum ravennae</i>	**
<i>Stipa barbata</i>	**
<i>Stipa capillaris</i>	**
<i>Stipa offneri</i>	**
<i>Stipa parviflora</i>	**
<i>Stipa pennata</i>	**
<i>Triticum turgidum</i>	**
Plantas trepadoras	
<i>Bougainvillea spp.</i>	
<i>Campsis radicans</i>	*
<i>Clematis cirrhosa</i>	**
<i>Clematis flammula</i>	*
<i>Convolvulus mauritanicus</i>	*
<i>Hedera helix</i>	*
<i>Lathyrus odoratus</i>	*
<i>Lonicera caprifolium</i>	*
<i>Lonicera japonica</i>	*
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	*
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	*
<i>Rosa sempervirens</i>	**
<i>Smilax aspera</i>	**
<i>Solanum jasminoides</i>	*
<i>Tecomaria capensis</i>	*
<i>Wisteria sinensis</i>	*
Palmáceas	
<i>Brahea armata</i>	**
<i>Butia capitata</i>	**
<i>Chamaerops humilis</i>	**
<i>Jubaea chilensis</i>	**
<i>Phoenix canariensis</i>	**
<i>Phoenix dactylifera</i>	**
<i>Rhapis excelsa</i>	*
<i>Trachycarpus fortunei</i>	*
<i>Trithrinax campestris</i>	**
<i>Washingtonia filifera</i>	**
<i>Washingtonia robusta</i>	**



Cynodon silvestre.



Césped instalado en un aeropuerto.

Bajo consumo de agua en céspedes

Rafael Jesús Monje Jiménez (*)

► Introducción

El césped es uno de los elementos que con más frecuencia podemos observar en nuestro entorno. Integrado en parques públicos, terrenos deportivos, aeropuertos, carreteras, en la mayoría de los jardines domésticos, etc., las superficies destinadas a céspedes pueden alcanzar una determinada extensión que podemos tener en consideración para dar a este elemento la importancia que tiene, tanto social como económicamente. Existe una industria alrededor del césped que tiene un papel, cada día más pujante, en la actividad económica del país. En cualquier caso, en su instalación y mantenimiento pueden intervenir desde un determinado número de jornales hasta productoras y distribuidoras de maquinaria, fertilizantes y agroquímicos, pasando por la intervención de otras actividades, como son las relacionadas con semillas, tepes, constructoras y empresas de jardinería, consultores, etc.

Es muy probable que las zonas con mayor porcentaje de superficie, del total de las ocupadas por este cultivo, llamémoslo así, en nuestro país, sean las localizadas en los jardines domésticos, seguida con seguridad por las situadas en parques y jardines públicos y las destinadas a soporte para la práctica de algún deporte sobre hierba.

Su utilidad estética queda de manifiesto en la belleza que proporciona una zona, ajardinada o no, cubierta con

esa alfombra verde que nos llena de sensaciones positivas. Se han comprobado los beneficios que pueden aportar estas cubiertas en el organismo humano. Mejorando los rendimientos en el trabajo e incluso favoreciendo el desarrollo intelectual de los individuos. La aplicación que los céspedes tienen en la práctica de ciertos deportes o juegos es incontestable mostrando una serie de ventajas frente a otros tipos de terrenos o cubiertas.

Los céspedes, además de generar una utilidad estética, recreativa y deportiva, son generadores de un gran número más de acciones, todas ellas positivas para el medio ambiente. Su acción antierosiva es bien conocida, pudiendo también ser a la vez un elemento que posibilite la recarga de acuíferos subterráneos e intervenga en la reducción de los volúmenes de agua que por escorrentía pueden atravesar rápidamente de unas zonas a otras. Las partículas de polvo en suspensión se adsorben en la superficie de las hojas, llegando a reducir las de este modo de tres a seis veces más que el cristal. Podemos también considerar que un Km² de césped absorbe unos 120 kilos de SO₂ diarios. Igualmente una hectárea de césped puede liberar 5.000 m³ de oxígeno en un año. Este cultivo puede originar un gran porcentaje de materia orgánica y la proliferación, por ello, de microorganismos, mejorando con esto el suelo donde el césped está o ha estado establecido. La reducción de ruidos que una superficie con césped es capaz de proporcionar hace que se establezca en autopistas, con el doble de reducción que realizaría un revestimiento de piedra.

(*) *Rafael Jesús Monje Jiménez: Ingeniero Técnico Agrícola por la Universidad de Sevilla. Ha trabajado durante más de nueve años como responsable técnico en el Golf Torrequebrada y prestado servicios como consultor en varios campos de golf y terrenos deportivos de hierba. Ha colaborado como técnico especialista con empresas de jardinería y consultoras de la Costa del Sol. Intervino como ponente en las Primeras Jornadas Técnicas de Xerojardinería, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Ha colaborado como profesor en varios cursos sobre céspedes en campos de golf y céspedes deportivos, impartidos en el Centro de Investigación y Formación Agraria de Málaga. Autor del libro *Céspedes en Campos de Golf, su mantenimiento y otras consideraciones*. Ha contribuido con diversos artículos en revistas especializadas. Es vocal del Comité Técnico de Reglas y Campos de la Federación Andaluza de Golf y miembro de la AETMCG. Actualmente es consultor en céspedes deportivos.*

Pero al igual que otros cultivos, agrícolas u ornamentales, el manejo del césped debe ser realizado bajo determinados criterios con el fin de conseguir una optimización de todas las actuaciones que en él se puedan llevar a cabo. Actuaciones que, como el riego o el uso de fertilizantes y fitosanitarios, como más importantes, deben encontrar un respaldo técnico que avale la correcta aplicación de estos medios, considerando siempre los fines principales por los cuales el césped fue instalado, así como el grado de calidad deseado, y sin que por ello el empleo de estos medios de producción afecten negativamente al medioambiente.

Especies resistentes a la escasez de agua

Los céspedes frente a la escasez de agua

Los niveles de agua requeridos por el césped varían con las especies, y pueden estar modificados por la radiación solar, longitud del día, viento, temperatura y humedad relativa. Otros parámetros van a intervenir en los aportes de agua en un césped, en este caso en cuanto a la frecuencia afecta, como la clase de suelo o el particular modelo constructivo de la zona en cuestión y las prácticas culturales de mantenimiento, desde la nascencia de la planta y durante su crecimiento. Incluso parámetros como necesidades de lavados, uniformidad del riego, etc., van a tomar parte en la determinación del consumo de agua y la forma de suministrarla.

Según la evapotranspiración podemos tener céspedes con determinados requerimientos hídricos:

$ET = Kc \times ETo$. Siendo Kc el coeficiente de cultivo. Para la práctica, y generalizando, el Kc para céspedes de estación fría es de 0,8 y para céspedes de estación cálida es de 0,6.

Tabla 1.

Niveles de ET en céspedes

Nivel	mm/día
Muy bajo	menos de 4
Bajo	4,0 - 4,9
Medio-Bajo	5,0 - 5,9
Medio	6,0 - 6,9
Medio-Alto	7,0 - 7,9
Alto	8,0 - 8,9
Muy alto	más de 9

Los valores referenciados en la Tabla 1 son una expresión de las necesidades de agua del césped en determinados períodos; con ellos podemos clasificar, por niveles, los requerimientos hídricos de la planta. Estas necesidades pueden ser satisfechas o no, dependerá de determinados criterios y consideraciones que iremos planteando más adelante.

En principio, algunos de los condicionantes van a decidir tres tipos de riego en el césped: Riego Óptimo, Riego Deficitario y Riego de Supervivencia. Considerando que las demás labores culturales, entre otros condicionantes, entran dentro de la normalidad, en cuanto a ejecución y frecuencia se refiere. Estos tipos de riegos los podemos definir como sigue:

- El riego óptimo es el aporte de agua necesaria para que el crecimiento y la calidad puedan ser máximas y la apariencia del césped sea estupegada.

- El riego deficitario va a ser aquel que provea de suficiente agua al césped para mantener una apariencia adecuada con un menor crecimiento.

- El riego de supervivencia provee al césped de la suficiente agua para permitir la supervivencia y el potencial de recuperación de la especie, cuando de nuevo deseemos o se pueda suministrar agua. Bajo este tipo de riego, el aspecto y el crecimiento del césped son visiblemente modificados.

Tanto los céspedes de estación cálida como los de estación fría, si son regados a un nivel deficitario pueden reducir del 25% al 30% del agua aplicada con un riego óptimo.

Las especies de estación cálida requieren menos agua que las especies de estación fría. Esto es debido principalmente a que los céspedes de estación cálida son más eficientes en la fotosíntesis, y son capaces de continuar con la producción de carbohidrato y otros compuestos que van a repercutir en su crecimiento y apariencia, aún cuando sus estomas estén parcialmente cerrados. Al contrario, los céspedes de estación fría tienen, por regla general, una menor eficiencia en el proceso de fotosíntesis y no pueden producir suficientes carbohidratos para mantener el crecimiento, a menos que sus estomas estén casi abiertos de par en par.

Supongamos que conocemos las necesidades hídricas del césped, pero cuando esas necesidades no se pueden cubrir, bien sea por imperativos ajenos a nuestra voluntad o por criterios subjetivos, entonces ¿qué hacer? ¿Nos encontraremos ante un césped resistente a la escasez de agua?

La disminución de la ET de un césped no es sinónimo de resistencia a la escasez de agua. La resistencia a la escasez de agua de las especies cespitosas puede darse conformando unas estructuras xeromórficas determinadas, desarrollando su sistema radicular. Así tenemos que especies como el *Cynodon dactylon* o la *Zoysia* tienen un potencial de desarrollo radicular elevado que pueden explorar el suelo a mayor profundidad en busca de humedad aprovechando considerablemente los aportes de agua en el terreno. Son capaces de resistir a la sequía el *Buchloe dactyloides* y el *Pennisetum clandestinum* o el propio *Cynodon dactylon*, que sobreviven a la falta de agua gracias a los rizomas que poseen, los cuales llegan a permanecer vivos incluso en suelo seco. Igualmente ciertas especies cespitosas pueden resistir a la falta de agua escapando de ésta mediante mecanismos de letargo, como el *Buchloe dactyloides* o el *Cynodon dactylon*.

Tabla 2.

Algunas especies cespitosas de estación cálida y estación fría

Especies de estación fría	Especies de estación cálida
<i>Agrostis palustris</i>	<i>Bromus inermis</i>
<i>Agrostis tenuis</i>	<i>Agropyron cristatum</i>
<i>Agrostis canina</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Agrostis alba</i>	<i>Paspalum notatum</i>
<i>Lolium perenne</i>	<i>Paspalum vaginatum</i>
<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Penisetum clandestinum</i>
<i>Festuca rubra ssp. conmutata</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
<i>Festuca ovina ssp. ovina</i>	<i>Zoysia japonica</i>
<i>Festuca ovina ssp. duriuscula</i>	<i>Zoysia matrella</i>
<i>Festuca elatior l.</i>	<i>Zoysia tenuifolia</i>
<i>Poa pratensis</i>	<i>Axonopus affinis</i>
<i>Poa compressa</i>	<i>Axonopus compressus</i>
<i>Poa trivialis</i>	<i>Buchloe dactyloides</i>
<i>Poa annua</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>
<i>Phleum pratense</i>	<i>Bouteloua curtipendula</i>
<i>Phleum nodosum</i>	<i>Eremochloa ophiuroides</i>
	<i>Chloris gayana</i>

Tabla 3.

Comparativo de resistencia a la sequía en algunas cespitosas

Nivel	Especie
Superior	<i>Cynodon dactylon</i>
Excelente	<i>Buchloe dactyloides</i> <i>Paspalum vaginatum</i> <i>Zoysia ssp.</i>
Bueno	<i>Stenotaphrum</i>
Medio	<i>Festuca arundinacea</i>
Considerable	<i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i>
Pobre	<i>Agrostis tenuis</i> <i>Poa annua</i>
Muy pobre	<i>Poa trivialis</i>

Comentarios sobre algunas especies resistentes a la escasez de agua

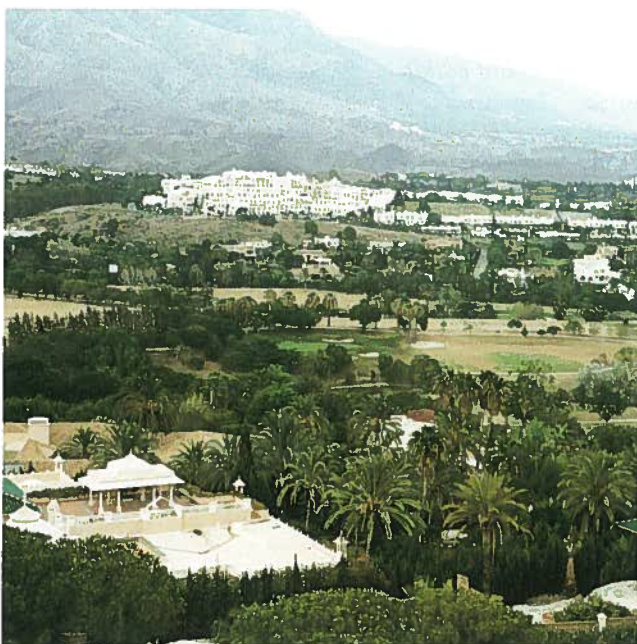
No todas las especies cespitosas son candidatas a la hora de ser seleccionadas para formar céspedes, deportivos o no, con resistencia a la escasez de agua. Además de tener en cuenta los niveles de resistencia a la falta de agua de las especies, deberíamos considerar conjuntamente una serie de cualidades visuales y funcionales, al existir a veces algunas diferencias entre éstas y sus cultivares, considerando en cualquier caso el futuro uso de la zona cespitosa. Dentro de las cualidades visuales podemos valorar su uniformidad, forma de crecimiento, densidad, color, textura y suavidad. Y con respecto a las cualidades fun-

cionales, podemos evaluar las resistencia a enfermedades, resistencia a la sombra, elasticidad, rigidez, desarrollo, capacidad de recuperación, resiliencia, adaptación a la siega y tendencia a formar colchón, como más importantes.

Comentaremos brevemente algunas cuestiones de ciertas especies que suelen ser utilizadas frecuentemente en determinados lugares con limitadas pluviometrías. A veces, sin embargo, son empleadas especies y variedades cespitosas sin tener en cuenta otras con mayor grado de resistencia a la falta de agua, incluso siendo más exigentes en cuanto a necesidades hídricas, comparativamente, se refiere. En cualquier caso sería conveniente que aquellas especies y variedades que fuéramos a emplear para formar céspedes, se evaluarán detalladamente a la hora de ser seleccionadas como cespitosas con resistencia, en mayor o menor grado, a la escasez de agua, valorando las necesidades hídricas, funcionalidad de la zona y grado de mantenimiento. De igual modo sería interesante llevar una determinada estructura en el mantenimiento, que determine en principio la época y frecuencia de las operaciones culturales que las especies puedan requerir a lo largo del año, especies que a veces precisan de manejos diferentes. Las diversas especies y variedades, una vez valoradas y comparadas, con seguridad se adaptarán a nuestras necesidades, entre estas la de ser resistentes a la escasez de agua.

Cynodon dactylon

Llamada también bermuda o hierba de las Bermudas, conocida popularmente como grama fina. Es una de las especies cespitosas más resistente a la escasez de agua. Esta cespitosa puede sobrevivir en condiciones de sequía muy



Durante un periodo de sequía estos dos campos de golf, no recibieron aportes de agua. Excepcionalmente se regaron los greens.

acusada. La resistencia a la sequía está basada principalmente en un tipo de letargo que experimenta la planta bajo condiciones extremas de escasez de agua, y a la capacidad de recobrar su actividad cuando de nuevo disponga de humedad, respondiendo rápida y funcionalmente al riego. He manejado personalmente céspedes de bermuda en campos de golf, que no habiendo recibido aportes de agua alguno durante más de seis meses, periodo que llegó a coincidir con las máximas necesidades hídricas, reverdecieron en pocas semanas una vez reiniciado el riego después de tan largo tiempo de sequía.

Los requerimientos hídricos de esta especie van a oscilar entre 4 y 6 mm/día, y en épocas de demanda, dependiendo, como en otras cespitosas, de determinados factores, como temperatura, viento, humedad, intensidad luminosa, etc., sin olvidar que también van a estar influenciados por la variedad seleccionada. En verano las cantidades comprendidas entre 4 y 6 mm/día son requeridas frecuentemente en espacios deportivos con un mantenimiento alto. En invierno los riegos no suelen realizarse ya que el crecimiento de la planta, dependiendo de la latitud, está prácticamente detenido. La frecuencia del riego dependerá del agua usada y del tipo de suelo, así como del propio mantenimiento del césped, la funcionalidad de la zona, etc. Por ejemplo, suelos arcillosos van a mantener más agua que los suelos arenosos.

Las raíces de la bermuda pueden crecer a una profundidad de 1,5 m o más, dependiendo, entre otros factores, de la clase de suelo, pero la mayoría de su sistema radicular, aproximadamente el 80%, se encuentra en los primeros 90 cm. Los infrecuentes riegos, como en otros céspedes, van a producir un desarrollo radicular más profundo, y riegos frecuentes y ligeros van a desarrollar raíces superficiales, que son características de céspedes que demostrarán prontamente estrés hídrico frente a la escasez de agua. El crecimiento de la bermuda se detiene cuando las temperaturas no llegan a alcanzar más de 10°C.

Son aproximadamente diez especies las que se incluyen dentro de este género. Entre éstas, además del conocido *Cynodon dactylon*, se incluyen el *Cynodon transvaalensis* y el *Cynodon magennisii*, que han servido para conseguir híbridos con cualidades muy interesantes. La bermuda es muy utilizada en zonas mediterráneas y atlánticas, sola o en mezcla con otras especies. Ciertos híbridos son muy apreciados para su utilización en campos de golf. Entre estos últimos podemos enumerar el Tifway o bermuda 419, Tifgreen o bermuda 328, Tifwarf, etc. Igualmente existen en el mercado gran número de variedades como Tufcote, Texturf-10, Mirage, Jacpot, Sundevil, etc., que a diferencia de los híbridos se reproducen también por semillas. Podemos fijarnos en las especies auctóctonas, muchas de las cuales retienen su verdor durante épocas de fuertes sequías. En los meses de mayor demanda hídrica vemos como algunas de estas especies auctóctonas mantienen su color verde bajo la ausencia total de humedad.

Stenotaphrum secundatum

Esta especie es nativa del Golfo de Méjico, de Africa y de la India. Está restringida a áreas con temperaturas sua-

ves en invierno, aunque crece mejor que la bermuda cuando las temperaturas son frías. Con inviernos fríos decolora, aunque en comparación con la bermuda lo hace a unos 10° C menos, si el césped se ha desarrollado bajo condiciones normales. Se desarrolla muy bien en todas las regiones mediterráneas y es muy tolerante a las temperaturas altas del verano, formando céspedes bastante densos.

Es una cespitosa perenne y estolonífera, con una textura que normalmente es bastante gruesa. Al no resistir tanto la falta de agua como otras especies, corre el peligro de no recuperarse si los riegos no se realizan o la ausencia de lluvia es prolongada, especialmente si coinciden en épocas de máximos requerimientos.

Su reproducción habitual es por esquejes. Parece ser que el género común, un fértil diploide, pudo ser cruzado con otras especies de *Stenotaphrum* y de ahí la aparición de un triploide estéril que ha sido utilizado para céspedes en muchos países. Después se desarrollaron, sobre todo en Estados Unidos, varias selecciones con el objetivo de mejorar la textura, la resistencia al frío, el color, frecuencia a la siega, resistencia a virus e insectos, a la sombra, etc., y aparecieron variedades como Bitter Blue, Florantine Floratam, Raleigh, etc.

Su uso es muy habitual en ajardinamientos públicos y privados, siendo poco usada en espacios deportivos. Es muy popular en nuestro país, especialmente en zonas costeras y algunas del interior.

Zoysia sp.

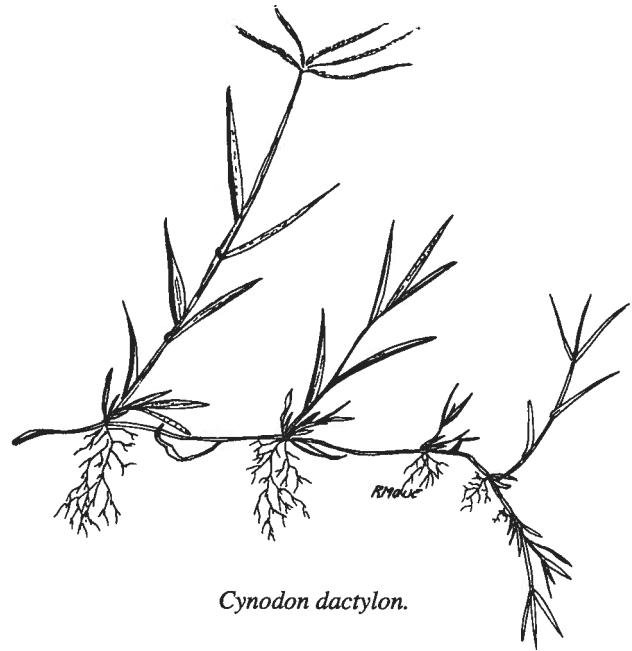
Es una planta oriunda de China y de Japón. Formadora de céspedes con buena resistencia a la falta de agua, no obstante puede decolorar, de una forma análoga a la bermuda, con una persistente sequía. Al igual que la bermuda posee una gran capacidad de recuperación después de haber soportado la falta de agua durante largo tiempo. Sus necesidades hídricas están entre las de la bermuda y el *Stenotaphrum*; su sensibilidad al frío es también parecida, pudiendo tornar a marrón después de las primeras heladas, aunque una vez entrada la primavera vuelve a recuperar su color verde. Es muy tolerante al uso pero tiene una capacidad de recuperación bastante lenta.

Son tres la principales especies que conforman este género:

- *Zoysia japonica*. Es la más resistente al frío de las tres pero en desventaja tiene una textura gruesa. Es la única que puede establecerse por semillas.
- *Zoysia matrella*. Llega a ponerse marrón en zonas frías, aunque retornan a verde una vez entrada la primavera. Su propagación es vegetativa.
- *Zoysia tenuifolia*. Es la menos resistente al frío de las tres.

De estas tres especies existen selecciones que buscando una mejor textura, color, tolerancia al frío o cualquier otra cualidad, han sido comercializadas con el nombre de Meyer, El Toro, Belair, etc.

Es la *Zoysia* una planta formadora de céspedes perennes con estolones y rizomas y como hemos comentado, resis-



Cynodon dactylon.



Stenotaphrum secundatum.



Zoysia sp.



Buchloe dactyloides

tente a la escasez de agua. Suele tener unos requerimientos de 20 a 30 mm de agua por semana durante el verano, dependiendo lógicamente de las condiciones climatológicas, suelo y exigencias funcionales. Incluso cuando no se puede regar si se aplican unos 10 mm semanalmente, en épocas de demanda, el césped puede mantenerse.

Aunque es uno de los céspedes más resistentes al uso, por su lenta recuperación no debe usarse en zonas donde el tráfico sea muy intenso, ya que tardaría cierto tiempo en restablecerse, por ello es aconsejable en parques, jardines e incluso espacios deportivos donde el excesivo tráfico no llegue a deteriorar en exceso la superficie. En nuestro país es poco utilizada.

Buchloe dactyloides

Es una especie perenne, con una textura fina y que se extiende por estolones. Es nativa de Estados Unidos y Méjico. Es resistente a prolongadas sequías y altas temperaturas, pudiendo sobrevivir con pluviometrías muy bajas. No suele ser recomendable para usarla en zonas muy transitadas. Se propaga por semillas y vegetativamente. Es una planta idónea para formar céspedes que van a tener poco mantenimiento. Unos 20 mm de agua a la semana pueden ser suficientes para que mantenga el color verde durante el verano, cuando así sea necesario, y en el caso de no recibir agua presentaría una dormición tornándose a pajizo durante los meses de mayor requerimiento hídrico.

Distintas selecciones han dado variedades con cualidades diferentes, como la 609 ó la variedad Prairie.

Suele ser utilizada frecuentemente en muchos lugares del sur de Estados Unidos de América, Méjico y en algu-

nos países de Sudamérica. Su uso se centra principalmente en jardines y parques y en algunos rouhgs de golf. Aquí en nuestro país no está extendida.

Eremochloa ophiuroides

Una especie perenne con una buena resistencia a la escasez de agua. Forma céspedes con tacto algo grueso y con bajos mantenimientos, pero que admite un tráfico moderado, manteniéndose verde durante todo el año en climas suaves. Al contrario que la bermuda o la *Zoysia* esta especie no entra en un letargo cuando llegan los fríos, muriendo gran cantidad de hojas y estolones, pero recuperándose tan pronto como las temperaturas le son de nuevo favorables. Se puede utilizar en jardines, carreteras o zonas con poco mantenimiento y tráfico.

Paspalum vaginatum

Es una especie perenne con rizomas y estolones. Siendo nativa de las regiones subtropicales de Africa y América, se puede encontrar también en Australia, Argentina, Florida o Texas. Es una especie que sobrevive a largos períodos de sequía aunque no tan bien como la bermuda. Forma céspedes finos con muy buena tolerancia a la salinidad. Es utilizada en ciertas zonas de campos de golf, parques y jardines.

Penisetum clandestinum

Es una cespitosa perenne que presenta rizomas y estolones y crece rápidamente durante los meses de verano. Es una planta oriunda del Este de Africa. Normalmente suele ser una mala hierba en muchos céspedes, sobre todo deportivos. Su uso es muy frecuente en zonas ajardinadas del Mediterráneo, requiriendo cierto grado de mantenimiento. Es bastante más resistente al frío que el *Stenotaphrum*. Poseen una alta ET potencial, debido principalmente a su gran desarrollo vertical y a su superficie



Penisetum clandestinum



Festuca arundinacea.

foliar. Aunque requiere humedad para su crecimiento he podido observar como existe una buena recuperación después de periodos con falta de agua. Existen variedades como la Whittet, Noonan o Tabora.

Festuca arundinacea

El genero *Festuca*, que reúne alrededor de 100 especies, está extendido por todo el mundo. La *Festuca arundinacea*, considerada como una especie de clima frío, no emite ni rizomas ni estolones. La *Festuca arundinacea* demuestra una aceptable tolerancia a la escasez de agua, aunque necesita suplementos cuando la hierba demuestra signos claros de estrés. Presenta igualmente una buena tolerancia a la sombra en climas cálidos. Soporta las temperaturas frías mucho mejor que la bermuda, pero la altura de siega limita su uso en comparación con ésta. Con variedades cada día más seleccionadas, esta especie se presenta con diferentes y ventajosas cualidades respecto a otras de su mismo género. Se suele utilizar en parques y espacios deportivos, sola o en mezclas.

El campo de golf, una gran superficie de césped frente a la escasez de agua

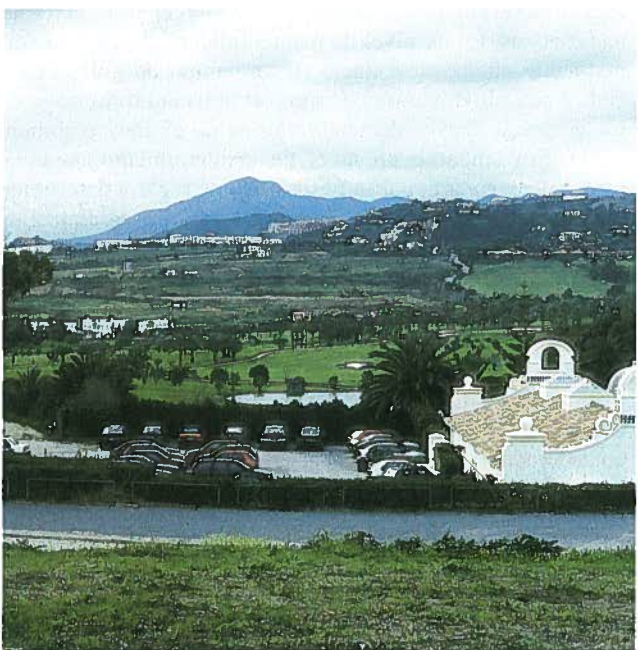
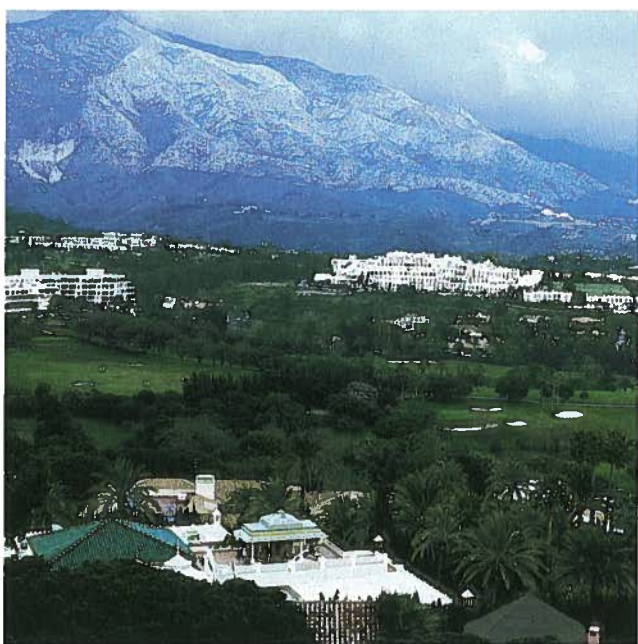
La superficie que ocupa un campo de golf puede variar según su recorrido pero la mayoría de los campos de golf, que tienen 18 hoyos, ocupan por término medio entre 45 y 60 ha.

Generalizando, diremos que en una superficie cespitosa, ya sea de uso deportivo o no, el césped puede demandar tres niveles de mantenimiento. Dependiendo de esos nive-

les de mantenimiento nos podemos plantear el regar o no regar todo la superficie de césped o, dado el caso, determinadas zonas. En un nivel de mantenimiento alto, como normalmente puede presentarse en un campo de golf comercial, y con pluviometrías escasas, el prescindir del riego en los meses de mayor demanda hídrica no es muy recomendable. Sin embargo un nivel de mantenimiento medio o bajo puede contemplar la posibilidad de regar a determinados niveles, incluidos los deficitarios, total o parcialmente la superficie cespitosa del campo, y llegado el momento suministrar riegos esporádicos en ciertas zonas del mismo, que podrían ser complementados durante el resto del año con aportes de agua por lluvias.

La zona climática y factores medioambientales, junto con el nivel de mantenimiento de la superficie, deberían ser considerados para seleccionar las especies que formarán cada una de las zonas del campo (green, antegreen, tee, calle, rough). La acertada elección de especies y cultivares, va a tener una buena parte del peso específico a la hora de determinar el riego.

En muchos países el incluir el césped en un jardín o en un espacio deportivo de cierta envergadura, a veces, no precisa el realizar una instalación de riego. Podemos ver como en muchos de estos espacios las condiciones climatológicas contribuyen a que sean regados por las aguas de lluvias, aunque en ciertos casos no siempre es así y no por esto se realizan instalaciones de riego. Sin embargo en la mayoría del territorio de nuestro país las exigencias por funcionalidad, y en muchos casos por supervivencia de ciertas especies cespitosas, nos exigen disponer de una determinada infraestructura para el riego. Pero aún así estaremos condicionados en gran medida por unos criterios basados principalmente en las exigencias subjetivas de regar o no re-



Una vez iniciado el riego, el césped reanudó su crecimiento, resistiendo la falta de agua y sin que por ello dejara de prestar ciertos beneficios.

gar la zona y en las especies que se hubieran instalado en éstas. Así podemos encontrar superficies cespitosas que, si bien habitualmente son regadas, cuando no es posible el riego, por cualquier causa, pueden sobrevivir e incluso seguir prestando, en cierta medida, un gran número de beneficios.

Si en los parques y jardines el diseño es importante a la hora de conseguir una practicidad de la zona con césped, también lo es en los campos de golf. Análisis sobre disponibilidad de agua o uso de aguas residuales, estudios del medio físico o de integración con el entorno, determinados criterios subjetivos (arquitecto, promotora, etc.), modelos constructivos, etc., van a influir en el diseño del campo de golf, con su repercusión, directa o indirecta, en los aprovechamientos y usos posteriores del agua para riego.

Como en otras superficies con céspedes, deportivas o no, pero que requieran un determinado nivel de mantenimiento, en los campos de golf se deben tener en consideración ciertas actuaciones y prácticas culturales con el fin de optimizar el riego y ahorrar agua durante todo el año, y mejorar o corregir los efectos producidos en la cubierta vegetal por la escasez, o la ausencia total, de este líquido elemento en épocas de demandas.

Debido a las actuaciones y operaciones culturales tan privativas que conlleva el mantenimiento de un campo de golf, y su repercusión en la práctica del deporte, no vamos a profundizar en éstas. Por sí mismo, las explicaciones detalladas de muchos de los parámetros y acondicionamientos que pueden intervenir en el mantenimiento del césped en un campo de golf, y consecuentemente en la práctica de este deporte, y que de algún modo pueden estar relacionados con el ahorro de agua, nos condicionaría la extensión de este capítulo. Sólo comentaremos someramente, dado el caso, el porqué de algunas acciones, que suelen coincidir con los criterios objetivos por los cuales nos podemos guiar ante una situación de escasez de agua en otras zonas cespitosas con diferente uso. De este modo podemos considerar que estas labores culturales, que a continuación comentaremos, son de aplicación general, y a veces obligadas para llevarlas a cabo en cualquier superficie cespitosa en la que deseemos aprovechar y reducir los aportes de agua, y a la vez conseguir, según la funcionalidad de la zona, un determinado grado de calidad.

Riego

La primera pregunta que nos podemos hacer es ¿cuándo regar el césped? Se puede determinar visualmente y examinando el terreno. Cuando el césped cambie el color de verde brillante a gris apagado puede ser un síntoma de que la hierba no tiene agua a su alcance. Examinando el suelo, a la profundidad de su zona radicular, podemos ver si éste está húmedo o seco. Puede ser entonces cuando se determine la urgencia del riego, dependiendo de varios factores, entre ellos la especie y las posibilidades de uso del agua que tengamos. En ciertas zonas del campo se puede regar cuando se haya agotado una parte de la humedad disponible en la zona radicular, por regla general del

50 al 60%, teniendo en cuenta ciertos parámetros físicos del suelo (por ejemplo, disponibilidad de agua y agotamiento para diferentes texturas del suelo).

Debemos considerar, en el caso de un campo de golf, la zona concreta que se esté examinando, ya que los greens, por ejemplo, al ser considerados la zona más importante del campo, deben reunir una serie de características, indispensables para la correcta práctica de este deporte. Entre éstas, mantener un grado de humedad determinado, según las exigencias de la especie seleccionada y del juego. Esta humedad la podemos controlar también examinando el terreno. Normalmente los greens, que suelen ocupar el 3% de la superficie total del campo, y con un modelo constructivo muy específico, están formados por especies que no suelen soportar tanto la falta de agua como las especies utilizadas en calles u otras zonas del campo, y a la vez suelen presentar una difícil recuperación después de que la ausencia de agua sea prolongada.

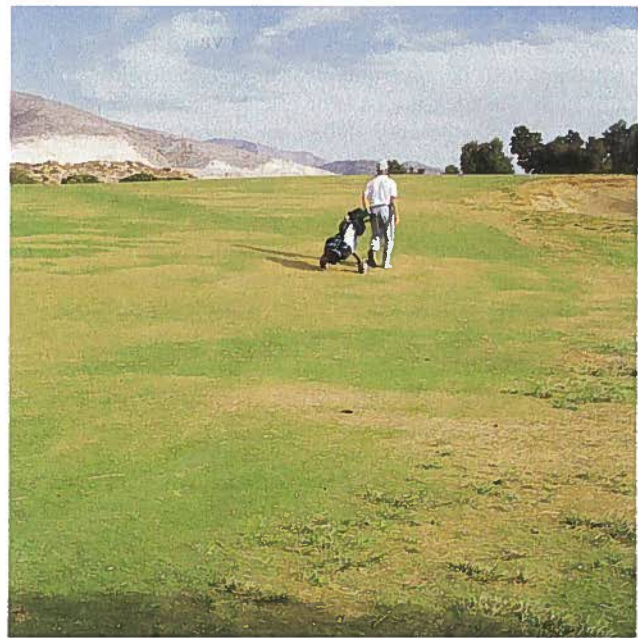
La profundidad radicular va a estar influenciada por los cambios estacionales; las prácticas de mantenimiento, como pueden ser la siega, la fertilización o el mismo riego; y por las características del propio terreno. El mejor método para determinar la profundidad radicular de una zona en concreto, como hemos comentado, es la inspección física del mismo. Pueden presentarse muchos casos, como los observados en algunos greens, calles o tees, donde dichas superficies, que deberían poseer un aprovechamiento práctico del riego en toda su delimitación, puede aparecer con secas más o menos aisladas o en rodales, como resultado de poseer un suelo con una inadecuada textura o por una reducida profundidad efectiva, o como consecuencia del propio diseño o debido a un incorrecto mantenimiento o a una defectuosa construcción, o como resultado de una deficiencia en el propio riego en estas zonas.

Tabla 4.

Profundidades radiculares de algunas especies cespitosas bajo condiciones normales

Especie	Profundidad raíces (cm)
<i>Poa pratensis</i>	11,5 - 34,5
<i>Lolium perenne</i>	11,5 - 34,5
<i>Festuca arundinacea</i>	34,5 - 69,0
<i>Agrostis estolonifera</i>	6,9 - 34,5
<i>Poa annua</i>	2,3 - 6,9
<i>Cynodon dactylon</i>	34,5 - 138,0
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	34,5 - 115,0
<i>Paspalum vaginatum</i>	34,5 - 115,0
<i>Zoysia</i>	34,5 - 57,5

Es obvio que el objetivo del riego es suministrar agua al sistema radicular. Por ello, profundidad radicular y textura del suelo juegan de este modo un papel muy importante en las cantidades de agua aplicadas y en la frecuencia del riego, así como en la eficiencia del mismo.



Calle de un campo de golf. Se aprecian secas en el césped como consecuencia de un perfil de suelo inadecuado.



Green en primer plano, al fondo calle de un campo de golf.

Los céspedes desarrollados bajo frecuentes riegos y altos contenidos de humedad en suelo van a tener mayores requerimientos de agua que otros cuyos desarrollos han estado bajo ajustes hídricos. Por ello la frecuencia del riego y las cantidades de agua deben ser controladas para reducir los requerimientos de agua por el césped.

Debemos tener en consideración que no se produzcan escorrentías, regando sólo a la profundidad radicular, o en ciertos casos un poco más, y manteniendo una especial observación del terreno, y a la vez utilizar medios que aumenten la eficacia del riego en los desniveles pronunciados. Prestar atención en áreas donde suele combatir el viento. Chequear la instalación de riego, puede no ser todo lo efectiva que deseáramos.

Es conveniente, con riego por aspersión, que son los que normalmente se utilizan en un campo de golf, considerar la eficiencia del riego en cuestión, contemplando la ET y el uso de aparatos medidores de humedad, como los tensiómetros. Debemos controlar la uniformidad del riego, teniendo en cuenta el diseño original y el mantenimiento periódico de las instalaciones.

Ciertos campos de golf disponen de sistemas de riego informatizados, con múltiples ventajas. Dependiendo del programa instalado estos pueden realizar gran número de funciones:

- Controlar los aportes de agua allí donde el drenaje y la escorrentía son frecuentes, dividiendo los tiempos de riego y marcando ciclos de riego muy cortos pero repetitivos.

- Tener en cuenta la calidad del suelo, en cuanto a la retención de agua que experimenta, calculando las necesidades hídricas de la zona. Determinar el déficit de agua en cada zona y fijar los tiempos de riego para que se aporten sólo las cantidades necesarias.

- Permitir administrar los caudales en la red para optimizar la instalación, aumentando la uniformidad del riego.

Conjuntamente se puede incorporar a estos softwares una estación meteorológica, registrando y analizando las condiciones climáticas, ajustando automáticamente el riego a las necesidades de la zona.

Por regla general, en la selección de especies cespitosas para un campo de golf se suelen tener criterios agronómicos y se puede considerar que éstos van a estar influenciados a la hora de elegir especies resistentes a la falta o escasez de agua.

Siega

Es una de las prácticas culturales más importantes. Es necesario contemplar a la siega como una de las labores para controlar la evapotranspiración. Afecta al crecimiento del césped y al sistema radicular. Las hojas de los céspedes segados infrecuentemente requieren una alta cantidad de

agua. Por otro lado la siega infrecuente es antiestética y no está recomendada en ciertas zonas del campo de golf.

Las diferentes zonas que conforman un campo de golf suelen recibir determinada frecuencia de siega. Es habitual en la Costa del Sol, donde se concentran un gran número de campos comerciales, y dependiendo como siempre de la época del año y factores medioambientales, la siega de greens tiene lugar seis veces por semana. La siega de antegreens y tees se suele realizar de dos a tres veces por semana y la siega de roughs una vez a la semana o dos veces al mes.

Se suelen recomendar, para céspedes sin usos específicos, unas alturas de siega para cada una de las especies que los conforman, sin embargo en determinadas circunstancias estas alturas varían por motivos de funcionalidad, como sucede en determinadas zonas de un campo de golf. Con una finalidad, la de conseguir una calidad determinada en la zona cespitosa en cuestión, calidad que va a estar determinada por ciertos criterios prefijados, en cuanto al desarrollo del juego se refiere. Igualmente las alturas de siega estarán determinadas por las condiciones climatológicas; en los periodos de mayor estrés para la planta es preferible aumentar éstas, considerando la especie, zona y el momento idóneo de iniciar esta subida en la altura de siega. Con respecto a la demanda hídrica, las alturas de siega frecuentes, según la altura óptima de siega de cada especie, son aconsejables para evitar los excesivos consumos de agua. No son recomendables las siegas de más de 1/3 a 1/2 de las aconsejadas para cada una de las especies cespitosas, en cualquier caso éstas no se llegarán a alcanzar sin tener en consideración la funcionalidad de la zona, con la finalidad de controlar los consumos de agua. Está claro que, en ciertas zonas de un campo de golf, estas alturas deben ajustarse a las exigencias que marca la práctica del deporte, buscado principalmente la calidad en el juego.

En bermuda se hicieron unos ensayos y se vio como transpiró 4,8 mm de agua diarios un césped segado a 15 cm y por el contrario, su transpiración fue de 3 mm diarios en las mismas condiciones, en un césped segado a 2,5 cm.

La superficie foliar es propensa a transpirar más con siegas altas, sin embargo con siegas bajas se reduce el desarrollo radicular, aunque se incremente la densidad. Por ello debemos tener cuidado a la hora de aumentar las alturas de siega, ya que el sistema radicular puede no corresponder a la demanda hídrica, que como consecuencia del aumento en la altura de siega, puede tener la planta.

En algunas zonas de un campo de golf es imprescindible mantener siegas alrededor de 3 mm, por ello es conveniente contemplar en estos casos la funcionalidad de la zona y no dejar por ello de alcanzar el máximo desarrollo radicular de la especie, siempre que factores extrínsecos nos lo permitan, ajustando las alturas de siega y contemplando otras operaciones complementarias, según requieran las diferentes zonas del campo de golf.

Una siega defectuosa por causa de una segadora mal ajustada, sin afilar u otro factor o anomalía que afecte al corte, causaría un aumento en pérdida de agua por las ho-

Tabla 5.

Alturas de siegas recomendables en algunas especies formadoras de céspedes, sin tener en cuenta la funcionalidad ni la variedad.

Especie	Altura (cm)
<i>Agrostis estolonifera</i>	0,5 - 2,0
<i>Festuca elevada</i>	4,0 - 5,0
<i>Festuca ovina</i>	2,0 - 4,0
<i>Festuca rubra reptante</i>	4,0
<i>Festuca rubra semireptante</i>	2,0
<i>Lolium perenne</i>	3,0 - 5,0
<i>Cynodon dactylon</i>	2,0 - 3,0

Estas alturas de siega pueden variar según el uso y condiciones medioambientales, pudiendo ser limitantes o no para el desarrollo de la planta.

Tabla 6.

Alturas normales de siega en las diferentes zonas de un campo de golf

Zona	Altura (mm)
Green	2,5 - 4,0
Antegreen	6,0 - 15,0
Tee	6,0 - 15,0
Calle	10,0 - 15,0
Semirough	15,0 - 30,0
Rough	30,0 - 50,0

jas mucho mayor que el realizado por una segadora bien afilada, amén de las consecuencias que arrastraría en la calidad de la zona con vistas funcionales, en este caso en la práctica del deporte.

Fertilización

Nitrógeno

Sabemos que aumentos en los aportes de nitrógeno incrementan el consumo de agua por el césped. Es importante programar correctamente la nutrición en el campo de golf, evitando un excesivo crecimiento, cubriendo las necesidades para conseguir y mantener la calidad de la superficie y niveles de recuperación, y por consiguiente, controlando con ello los consumos de agua.

El nitrógeno es esencial para muchos procesos vitales de la planta formadora de césped, por lo tanto, la deficiencia de este elemento afecta a su crecimiento. Pero el exceso hace que la planta adquiera un gran desarrollo aéreo, provocando una demanda extraordinaria de otros elementos, con lo que daría lugar a deficiencias de esos elementos si no se encuentran disponibles en cantidades suficientes para atender la solicitud. Igualmente un exceso de nitrógeno dará lugar a una mayor susceptibilidad de la planta a condiciones adversas, como puede ser la sequía.

El consumo de agua en especies cespitosas ha sido estudiado por diversos centros de investigación. En el estado de Arizona (Estados Unidos) se pudo observar como los céspedes, con bajos mantenimientos, que recibieron 5 g N/m² cada dos meses y céspedes, con altos regímenes, que recibieron 5 g N/m² mensualmente, variaron sus consumos de agua. El consumo de agua fue para céspedes con regímenes bajos de aproximadamente 340 mm por año menos que para los de regímenes altos, no variando apenas su cualidad.

Si el nitrógeno debe ser aplicado, porque el juego u otras exigencias funcionales así lo exijan, sería suministrado en dosis mínimas y frecuentes o empleando fertilizantes orgánicos o de lenta liberación, considerando la clase de suelo y la analítica correspondiente.

El exceso de nitrógeno reduce la profundidad y la extensión del sistema radicular. Por el contrario, las raíces pueden aumentar su crecimiento si el nitrógeno es deficitario. Un exceso de nitrógeno con aportaciones frecuentes interrumpe el crecimiento radicular. Por ello es importante considerar algunas actuaciones en el manejo inicial o postnascencia de la zona cespitosa.

Un estudio demostró que en céspedes de *Agrostis penncross* se producen mas raíces con aplicaciones de nitrógeno en otoño que en primavera y resulta beneficioso si se aplica conjuntamente hierro foliar, reduciendo con ello los daños por desecación.

Fósforo

Es un elemento, al igual que el nitrógeno, que interviene prácticamente en todos los procesos importantes del metabolismo de la planta. Su deficiencia ocasionará un desarrollo débil, tanto del sistema radicular como el aéreo.

Potasio

El potasio es absorbido por la planta en cantidades importantes. Interviene en la fotosíntesis favoreciendo la síntesis de carbohidratos, así como el movimiento de estos compuestos y su acumulación en los órganos de reserva. Si se mantienen niveles de potasio adecuados se ve reducida la tendencia al marchitamiento, sobre todo en períodos de altas temperaturas y escasez de agua. Favorece el mejor aprovechamiento del agua por el césped, debido a que contribuye a mantener la turgencia celular, lo que trae como consecuencia una disminución de la transpiración.

Con respecto a los elementos secundarios, calcio, magnesio y azufre, el césped los absorbe en gran cantidad, interviniendo en el crecimiento de las raíces y en la resistencia de la planta ante un medio adverso, como puede ser la falta de agua. La planta formadora de céspedes consume en muy pequeñas cantidades microelementos.

Aireación

Se trata de perforar el césped, incluso el terreno, con unos aperos especiales que tienen unas puntas redondas, huecas o macizas, o cuchillas en forma de uve, de varios centímetros. La penetración dependerá del sistema en sí y de la dureza del terreno, pudiéndose alcanzar unos 10 - 15

cm. Existen maquinarias manuales, de arrastre y auto-propulsadas.

Es una operación cultural que se realiza para aumentar la infiltración y consecuentemente el contenido de humedad en el suelo. Evitando la compactación del terreno. Una superficie compactada, con un colchón de hierba hidrófobo, puede disminuir la infiltración del agua en el suelo.

Estas operaciones se suelen realizar con mayor frecuencia en greens y tees, según las exigencias se pueden hacer en un número variable, pudiendo oscilar entre una vez cada 15 o 45 días. En calles se realizan dos veces al año. Dependerá en gran medida de las condiciones del terreno de juego.

Escarificado

Es propiamente una siega pero en vez de ser horizontal es vertical. Con esta operación se puede cortar las hojas y tallos del césped e incluso penetrar en el suelo. Esta operación está indicada para eliminar o evitar la formación de colchón. El colchón produce una falta de permeabilidad al ser una barrera compuesta por hemicelulosa, celulosa y lignina con mezcla de estolones, raíces y tallos que están vivos y muertos entre la vegetación y la superficie del suelo.

Herbicidas

Reduciendo la competencia entre el césped y las hierbas no deseadas, que se pueden instalar en la zona, se reducen las necesidades de agua de la zona en cuestión y mejoramos la calidad del césped.

Agentes humectantes

Realizan funciones de filtración, percolación y aumento, por consiguiente, del contenido de humedad en el suelo. Igualmente aumentan la disponibilidad de los nutrientes, reducen la pérdida de agua por evaporación, reducen la erosión del suelo durante el establecimiento del césped e incrementan la germinación de las semillas. Reducen los efectos del rocío y la escarcha y corrigen secas localizadas. Los resultados van a depender de la aplicación y del producto utilizado.

Retentores

Se pueden incorporar al suelo en una profundidad de 5 a 10 cm, aprovechando algunas labores como el pinchado. No todas las zonas, especialmente las deportivas, son adecuadas para utilizar estos productos. La efectividad de los retentores es variable, dependiendo de los componentes y el modo de aplicarlos.

Antitranspirantes

Forman una película que regula el intercambio hídrico. Pueden reducir el consumo de agua pero pueden ser potencialmente fitotóxicos y podrían no ser económicos. Pueden proteger al césped de vientos con gran poder desecante y preservar al césped de los vientos salinos.

Reguladores de crecimiento

Su uso, aunque limitado, afecta al consumo de agua y a la frecuencia de siega. La hidracida maleica regula sistémicamente la división celular de la hierba. El manejo cuidadoso de estos productos es esencial a la hora de obtener una respuesta favorable, pudiendo ser fitotóxicos. Es importante aplicarlos en céspedes ya establecidos.

Colorantes

Es una operación frecuentemente realizada en EE.UU. y que allí se denominan *colorizing*. Se recurre al empleo de colorantes cuando el césped ha perdido el color verde habitual, debido a falta de agua o por otras causas, como son la latencia invernal, daños por tratamientos o derrames, etc.

No confundiremos los colorantes en cuestión con los colorantes marcadores de tratamientos. Estos últimos desaparecen al cabo de pocos días por fotodescomposición o por la misma lluvia. Los colorantes a los que hacemos referencia son duraderos y una vez aplicados permanecen varios meses, incluso en casos de lluvias. Son inofensivos, debiendo tener una especial atención a la hora de aplicarlos, con el fin de conseguir los resultados deseados. En el mercado especializado pueden encontrarse diversas marcas. ◀

Bibliografía

Beard, J.B., V.B Youngher y col. 1985. Turfgrass Water Conservation. University of California.

Cardús, J. 1989. Alimentación hídrica del césped: sistema continuo suelo/planta/atmósfera. Seminario sobre la problemática de la instalación y mantenimiento de los campos de golf. Federación Española de Golf. El Escorial. Madrid.

Christians, N. 1992. Seminario mantenimiento Céspedes en campos de golf. Asociación Española de Técnicos Mantenimientos de Campos de Golf. A.E.T.M.C.G. Estepona. Málaga.

Correal, E. y B. Roselló. 1979. Coastcross-1 Bermudagrass nueva gramínea de interés pascícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura. Madrid.

Devesa, J.A. y col. 1991. Las Gramíneas de Extremadura. Universidad de Extremadura. Badajoz.

Donaldson, Dean R. y col. 1977. Efficient lawn irrigation can help you save water. Leaflet 2944. University of California.

Everett, R. 1992. Irrigation Systems: Servicing and maintenance. Sports Turf Bulletin. nº 179. Sports Turf Research Institute, Bingley, England.

García-Verdugo, J.C. y R.J. Monje Jiménez. 1997. Céspedes en campos de golf. Su mantenimiento y otras consideraciones. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.

Gibeault, V.A. 1991. Managing turfgrasses during drought. Leaflet 21499. University of California.

Lawson, D.M. 1995. Irrigation Water Sources and

Suitability. Sports Turf Bulletin. nº 188. Sports Turf Research Institute, Bingley, England.

Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación. 1985. IRYDA. Normas para proyectos de riego por aspersión. Madrid.

Monje Jiménez, R.J. 1996. Céspedes de clima cálido popularmente usados en Andalucía. Inédito

Mujeriego, R. 1990. Riego con agua residual municipal regenerada.

Novak, S. 1993. Golf course irrigation and groundwater. Golf Course Management. Feb.

Ostmeyer, T. 1994. Effluent: only for the affluent? Golf Course Management. June.

Nus, J. 1993. El ABC de un riego eficaz. Golf Course Management. Edic. especial española. Lawrence, Kansas.

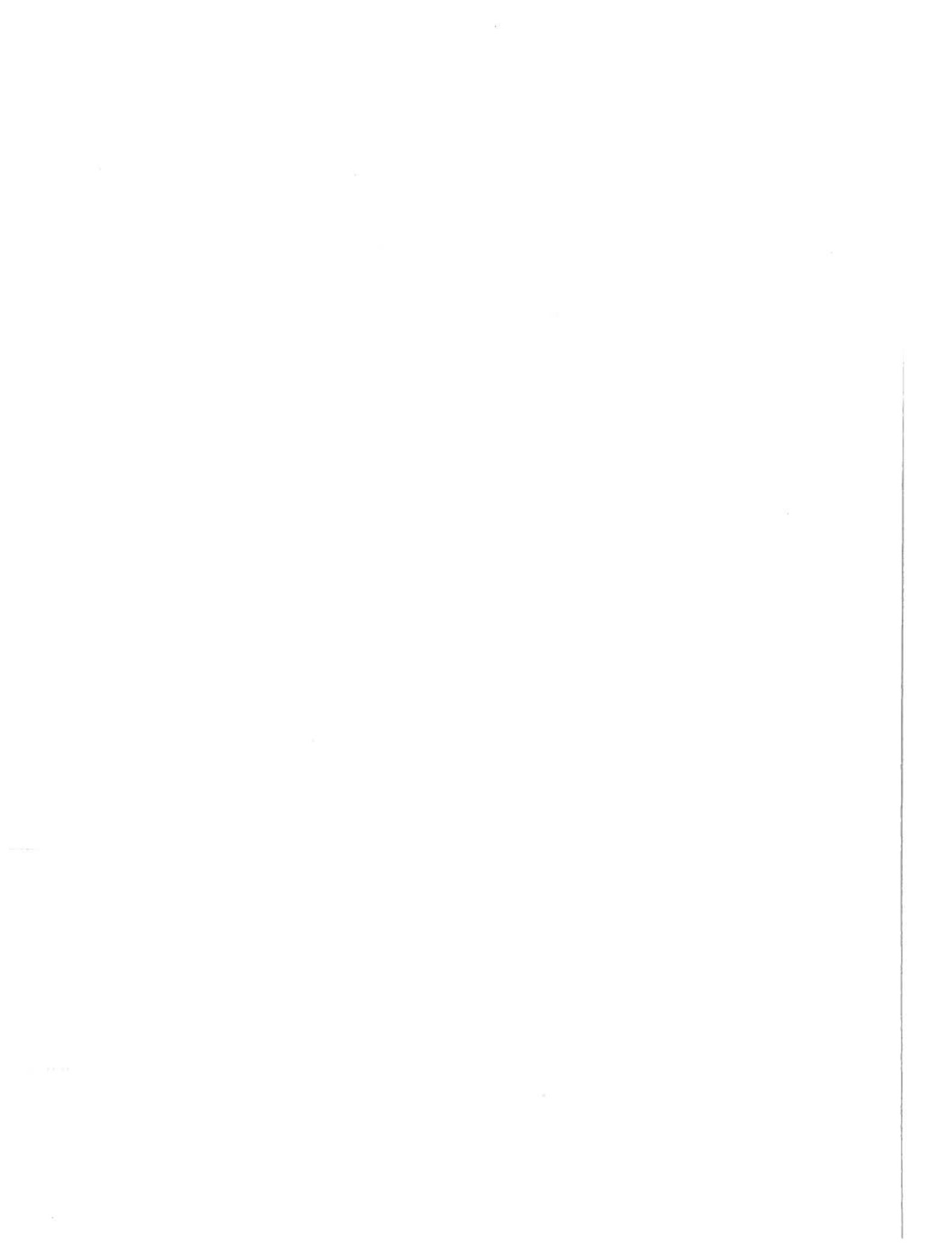
Razmjoo, K. y col. 1994. Warm-season turfgrass species quality and disease resistance in Japan. Japan Turfgrass. Inc.

Salvo, A.E., J.C García-Verdugo y col. 1993. Naturaleza Urbanizada. Estudio sobre el verde en la ciudad. Universidad de Málaga.

Schwankl, L.J. y col. 1992. Evaluating turfgrass sprinkler irrigation systems.

Scott The O.M. & Sons Company. 1976. Professional Turf Seminar Manual. Marysville, Ohio.

United State Golf Association. 1989. Specifications for a Method of Putting Green Construction. New Jersey.



Aspectos sociales del paisajismo y la jardinería

José Francisco Ballester-Olmos y Anguís (*)

► El paisaje hoy

En los últimos años, se ha pasado de la significación tradicional que entendía el paisaje como reflejo estético de la actividad humana, a asumirlo como recurso. Como tal, tiende a conseguir una consideración cada vez mayor en el rango de valores ambientales que la sociedad reclama. Como reflejo de esta situación, el paisaje se contempla como un elemento de similar importancia al resto de los recursos que es necesario proteger y conservar, convirtiéndose en uno de los principales determinantes de la capacidad y la fragilidad del territorio para el desarrollo de las actividades humanas. (Prats, 1992). Así, la integración del paisaje como elemento importante de los estudios del medio ambiente es un hecho.

El paisaje es uno de los elementos constituyentes del medio físico, es la expresión espacial y visual del medio, y manifestación del conjunto de componentes y procesos ecológicos que concurren en un territorio (Gómez y Salvador, 1992). Ese medio ambiental humano no es un espacio concreto sino más bien los efectos físicos y psíquicos de este espacio, la parte visible de ese medio ambiente que podemos captar con los sentidos, junto con una serie de aditamentos inherentes a nuestro propio desarrollo.

Corrientemente el paisaje se analiza y define a través

de unos elementos visuales básicos y referidos a la expresión visual objetiva del mismo (forma, línea, color, textura, escala y espacio), cuya combinación crea composiciones dotadas de una peculiar unidad, intensidad o variedad. La importancia relativa de los distintos elementos visuales depende del tipo de paisaje. Por otro lado, han de considerarse los componentes del paisaje, sus elementos del medio físico y biótico, perceptibles a la vista.

En la actualidad es muy difícil encontrar un paisaje natural en sentido estricto, es decir sin nada de artificialidad o intervención humana. El equilibrio biológico y ecológico, así como la libertad en su organización que caracterizan a la naturaleza, y la vida, dinamismo, renovación continua, diversidad de elementos coexistentes y armonía que conlleva el ámbito natural, contrastan con el paisaje antropizado, donde encontramos generalmente rotura del equilibrio biológico, rigidez de organización, falta de vida, estatismo y desarmonía.

El hombre moderno se ha hecho primordialmente urbano, generándose un escenario de su vida cotidiana: el paisaje urbano, con unas características que le son propias.

Dice Geoffrey Jellicoe que el mundo está iniciando una fase en que el diseño del paisaje muy bien podría

(*) José Francisco Ballester-Olmos y Anguís: Estudió Ingeniería Técnica Agrícola y Ciencias Biológicas en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y en la Universidad de Valencia. Su formación científica y técnica se completó con diplomaturas y estancias becadas en universidades extranjeras. Ha participado en proyectos de investigación y es autor de varios libros y de múltiples publicaciones científicas y de divulgación. Ha sido ponente o autor de comunicaciones en congresos y reuniones nacionales e internacionales, así como director o profesor en cursos especializados. Figura como asesor de temas de su especialidad en organizaciones internacionales, director de la sección de investigación científica de la revista Ingeniería Agrícola y miembro del Consejo de Redacción de Iberflora. Posee premios, distinciones y condecoraciones y es miembro fundador de sociedades científicas. En la actualidad es responsable de la Unidad Docente de Floricultura y Jardinería del Departamento de Producción Vegetal de la UPV y miembro del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Pertenece al Consejo Asesor para el Plan Especial Verde de la Ciudad de Valencia y al Comité Técnico Consultivo de Mercaflor.



El habitante de la gran ciudad se siente muy sensibilizado por lo que le ocurre a la naturaleza y convierte en necesaria la presencia de vegetales. En la foto, Barcelona.

identificarse como la más amplia de las artes. Existe una triple razón para ello: a) el delicado equilibrio del orden de la naturaleza en el seno de la biosfera está siendo alterado por las actividades del hombre, por lo que sólo mediante un decidido esfuerzo por su parte se puede restaurar el perdido equilibrio y asegurar la supervivencia; b) ese esfuerzo reclama, en primer lugar, la presencia de unos ecosistemas que no son otra cosa que un retorno a un eficiente estado animal de subsistencia; y c) dado que el hombre está destinado a salir del estado animal, ha de crear en su entorno un ambiente que no es más que una proyección sobre la naturaleza de sus propias ideas abstractas. La primera de esas razones ha despertado un impulso intuitivo en el «hombre biológico» que es el que ha provocado la llamada «revolución verde», tal y como se describió en la Conferencia de Estocolmo de 1972 sobre el entorno del hombre; la segunda ha fomentado la realización por parte de los expertos de ampliar estudios de planificación ecológica; y, finalmente, la tercera está promoviendo un arte del paisaje a una escala de gran importancia. La noción popular de diseño del paisaje lo ha confinado tradicionalmente a los jardines privados y a los parques públicos. Ello es comprensible, pues no ha sido sino hasta el presente siglo cuando el paisaje colectivo ha empezado a emerger como una necesidad social.

Es necesario aplicar estrategias lúcidas y eficientes para salvar el claro distanciamiento que existe entre el hombre y la naturaleza.

El paisaje urbano

Ferrer y Peláez (1996) denominan «macrocefalia urbana» al conjunto de características y fenómenos que definen

a las macrourbes actuales. La tasa de urbanización de la población mundial era en 1800 de sólo un 3,4%. Un siglo después era de un 13,6%. En la actualidad un 45% de la población mundial vive en áreas urbanas (32 % en 1950, 43,4% en 1980, equivalentes a 800 millones y a 1.800 millones, respectivamente). Es previsible que en el 2005 supere ampliamente el 50%. La tendencia tiene un carácter vertiginoso, ya que en el año 2000 los urbanitas serán casi el doble que en 1986 y en el 2005 la cifra será cuatro veces mayor. Así pues, en el año 2025, más de las tres quintas partes de la población mundial vivirá en zonas urbanas (5.200 millones de personas).

Es evidente que la industrialización ha primado a la gran ciudad, y que el tamaño posee ventajas económicas para la instalación de empresas y la oferta de todo tipo de bienes; y en consecuencia, su capacidad de atracción destaca con mucho sobre las ciudades de tamaño intermedio o pequeño. Así resulta que la gran ciudad ha ido ganando terreno. Las grandes zonas metropolitanas alcanzan los 10 millones en 1990 y aún bastantes más en ciertos casos (Méjico, Shangai, Buenos Aires, Nueva York, Calcuta, Sao Paulo, Bombay, Seúl, entre otras). El número de ciudades cuya población oscila entre los 5 y los 10 millones de habitantes pasó de 18 en 1979 a 22 en 1990 y se calcula que su número crecerá a 33 en el año 2010. Estas cifras contravienen el primigenio concepto de ciudad como zona de creación cultural y de convivencia e interacción social. Por fortuna el número de este tipo de masas urbanas ha dejado de crecer a partir de los años noventa con la intensidad con que lo hicieron en las décadas inmediatamente anteriores en los países desarrollados.

La organización urbana actual, cuyos cimientos se basan en la Carta de Atenas (1933) -que pretendía poner orden en la anarquía de la ciudad surgida con la industriali-



Los criterios planificadores de amplio horizonte contemplan el equipamiento verde urbano y el paisaje de sus zonas periféricas. Foto, Donostia-San Sebastian.

zación-, es mucho más compleja y conflictiva que la promovida por los urbanistas del periodo entreguerras. Cerca de nuestros días la Carta de Machu Pichu (1977) se limita a reflejar los problemas de relación entre la ciudad y el ambiente, y plantea con rigor los grandes desequilibrios mundiales de desarrollo.

Hacia falta elaborar un nuevo documento que tuviera en cuenta el carácter radical de las últimas transformaciones urbanas, relacionarse de forma sistemática la sociedad urbana con las grandes cuestiones que afectan hoy al planeamiento; tuviera en cuenta la necesidad de optimizar y aplicar a la ciudad las nuevas tecnologías en el marco de un mundo interdependiente y multicultural; y recogiera las aspiraciones de los ciudadanos a vivir en una ciudad realmente habitable. En este contexto se sitúa la Carta de Megaride (1994), que plantea la reorganización de nuestras ciudades desde la perspectiva de diez principios que relacionan la ciudad con Naturaleza, Pueblos, Ciudadanos, Movilidad, Complejidad, Tecnología, Recuperación, Seguridad, Belleza y Tiempo. Su presentación en Estambul en 1996 con motivo del Hábitat II, organizada por Naciones Unidas, ha constituido un nuevo paso con vistas a conseguir el deseable refrendo mundial que requiere el proceso de construcción y aplicación de la que puede denominarse Eco-Ciencia de la urbe.

El habitante de la gran ciudad, rodeado de técnica y «bienestar», alejado en parte del medio natural, se siente muy sensibilizado y preocupado por lo que le ocurre a esa naturaleza; hasta el punto de convertir en necesaria la presencia de elementos bióticos naturales, principalmente vegetales, en la ciudad, para lograr la estabilidad emocional, su salud física, e incluso -desde un punto de vista técnico- lograr una economía energética de la ciudad.

Señala Albet (1992) que en la lógica del sistema social y económico que nos envuelve, el desarrollo se identifica con la urbanización, la ocupación de un territorio sustraído al medio natural, cada vez más espoliado, limitado y troceado. Diversas opciones más o menos utópicas no han conseguido mantener un hábitat en armonía con la naturaleza: en muchas ocasiones ni las ciudad-jardín han respetado el entorno, ni los altos edificios racionalistas han liberado espacio para parques y jardines, sino que, al contrario, han posibilitado una mayor extensión de la edificación.

Parques, jardines y confort humano

Es posible estimar de varias maneras la calidad medioambiental de una ciudad, de un barrio o incluso de una vivienda. Una de ellas es la que considera el nivel de incidencia de los diferentes flujos de energía y materiales que participan en el metabolismo urbano. En esta metodología se tiene en cuenta la temperatura máxima, la humedad relativa, la aportación calorífica, las temperaturas mínimas, la ventilación, la aceleración de vehículos, la vibración ambiental, el nivel de vida, la concentración de óxidos carbónicos, la presión atmosférica, la duración de la insolación y el campo magnético.

El Índice de Disconfort de un lugar determinado (I_D) integra en una fórmula matemática todos estos parámetros, permitiéndonos calcular un valor que nos dará la posibilidad de diferenciar entre zonas de gran confort, zonas de confort normal, zonas inconfortables en los límites admisibles desde el punto de vista psicológico y zonas insostenibles correspondientes a los límites fisiológicos admisibles (Ballester-Olmos, 1991).

Se ha observado que el aumento del índice de discomfort está relacionado con el incremento de la incidencia de enfermedades como conjuntivitis, trastornos broncopulmonares, úlceras, gastritis crónicas, etc., así como disfunciones mentales (dislexia, inestabilidad, etc.) y desequilibrios nerviosos. En psicología se ha puesto a punto en los últimos años una metodología para el estudio de las enfermedades mentales relacionadas con el entorno urbano (Martí y Murcia, 1988) y se ha comprobado que a partir de un determinado valor del I_D esta magnitud comienza a relacionarse con el nivel de desórdenes delictivos, criminalidad, mortandad de ancianos, etc.

Existe una positiva influencia de las zonas arboladas sobre el confort humano de las ciudades, puesto que la vegetación influye directamente sobre la temperatura y la higrometría de la ciudad, amortiguando los rigores estivales y disminuyendo la intensidad de las islas de calor urbano, lo que se justifica entre otras razones por el incremento de la superficie protegida de la radiación solar directa por la sombra de los árboles y, por otro lado, la vegetación incrementa la humedad ambiental por la propia transpiración y el riego de los suelos donde vegeta, con el consiguiente alivio térmico. Asimismo, está demostrado que el color verde matiza y reduce los excesivos brillos y reflejos de la luz solar sobre las superficies urbanas.

La vegetación tiene diferentes grados de control de la radiación, interceptándola, o bien por reflexión y también por absorción o conducción. Algunas especies de destacado interés por su efecto sombreador, más intenso en verano y menor en invierno como es de interés para el viandante, son los tilos, que dan un 97% de reducción de luz, el *Acer negundo* un 94%, la *Robinia pseudoacacia* un 93,5%, la *Sophora japónica* un 91%, la *Melia acedarach* un 90,5%, el moral y el *Populus alba pyramidalis*, ambos con el 88%.

La capacidad de los árboles como moderadores de la temperatura está evaluada en diferentes países. Un árbol de buen porte posee un poder refrigerante de más de 150.000 frigorías/día y es posible establecer una correlación materialista significativa entre el I_D y la superficie de espacios verdes.

Asimismo, la vegetación puede constituir una pantalla contra vientos desagradables en determinadas calles con orientaciones desfavorables respecto a la dirección de los vientos dominantes y al fenómeno del paso de régimen laminar a turbulento que las edificaciones producen en el movimiento del aire.

Función antipolucionante del equipamiento urbano

La contaminación atmosférica afecta al hombre de forma muy directa, produciéndole perturbaciones en las vías respiratorias y en las mucosas, agravando ciertas dolencias relacionadas con estos órganos, además de alergias y otros trastornos. En un medio urbano con alto grado de contami-

nación atmosférica son muy frecuentes las afecciones de los bronquios, lo que da lugar a incalculables pérdidas económicas debido a que se provocan muchas incapacidades para el trabajo.

Las sustancias que provocan la contaminación atmosférica son gases y sólidos que se concentran en suspensión en la atmósfera procedentes de procesos industriales, combustiones domésticas, tráfico rodado y fenómenos naturales. Existen clasificadas más de un centenar de sustancias contaminantes de la atmósfera pero aproximadamente 20 ó 30 tienen una importancia ecológica esencial.

El problema de la contaminación es un aspecto importante para toda gran ciudad y tiene difícil solución, dado que aunque la industria se traslade a la periferia del casco urbano, uno de los focos más importantes de contaminación, como es el tráfico, sigue estando presente.

Las plantas se encuentran entre los acondicionantes del aire más efectivos. Eliminan el CO_2 y otros gases contaminantes del aire, aportando el necesario oxígeno para el hombre y, a la vez que atrapan el polvillo atmosférico, aportan humedad a la atmósfera y poseen efectos antibióticos. Los árboles toman 35 gr de polvo por metro de área arbolada, (10 veces más que su proyección sobre el suelo de pradera) pudiéndose quedar con casi un kilo de polvo al año por árbol, que es llevado al suelo por las lluvias, dando lugar a un depósito de 280-1.000 kg/ha y año. Las especies arbóreas con limbo foliar más rugoso por su vellosidad o nerviaciones prominentes son más hábiles para la captación de partículas contaminantes de menor tamaño (que parecen ser más perjudiciales para la salud humana).

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, pueden ser tomados también en sus formas gaseosas de dióxido de azufre o dióxido de nitrógeno, que son dos importantísimos agentes polucionantes atmosféricos.

Se ha constatado que el N procedente de NO_x se puede acumular en determinadas cantidades sin causar daños a las plantas, debido sin duda a la reducción del N. En mayores cantidades los NO_x son tóxicos. El SO_2 penetra en el interior de las hojas a través de los estomas llegando al mesófilo y reaccionando con el agua celular, con lo que se genera ácido sulfuroso; pero el poder tampón del citoplasma es tan elevado que la acidez producida por la formación de ácidos no produce daño para la hoja. No obstante, si la exposición a una alta concentración de SO_2 es demasiado duradera, puede darse fitotoxicidad. Son índices de lo dicho el hecho de que una zona verde de 500 m de anchura reduce en un 70% el SO_2 atmosférico y, asimismo, un aire contaminado con 100 microgramos de SO_2 por m^3 quedaría limpio al atravesar un bosque de hayas de 1 ha.

Otro aspecto de la contaminación ambiental urbana al que cada día se le otorga mayor importancia como elemento que influye en la salud psíquica es el nivel sonoro urbano. El equipamiento verde urbano tiene alta eficacia como

paliativo de la contaminación sonora, siendo mayor el efecto de las masas arbustivo-arbóreas en el caso de las frecuencias altas, que son las más molestas. De hecho, las basuras arbustivas dan lugar a reducciones de 5-8 dB en ruidos de circulación, las barreras de pinos y abetos de 18-38 m de ancho causan una reducción de 10 dB en frecuencias bajas, y composiciones vegetales de 8-16 m de ancho dan lugar a disminuir 10-20 dB en frecuencias altas.

Necesidad del equipamiento verde en las ciudades

En el devenir histórico de los procesos de transformación, explotación, manejo y ordenación que el hombre ha llevado a cabo sobre lo natural, los habitantes de las ciudades han profesado desde siempre una especial consideración a los espacios verdes que comparten la superficie urbanizada con el resto de estructuras ciudadanas.

El equipamiento verde urbano juega un papel importante en la calidad ambiental de las ciudades y sobrepasa con mucho la percepción de valores estéticos y ornamentales. Como ha quedado dicho, los parques, jardines y zonas verdes de menor superficie, junto con el arbolado de alineación, coadyudan en la termoregulación del clima urbano, aminoran la fuerza del viento, amortiguan ruidos, disminuyen la polución atmosférica reteniendo grandes cantidades de polvillo y metabolizando parte de los productos contaminantes, e incluso tienen un efecto interesante contra las bacterias patógenas. Todos estos efectos inciden directamente en el nivel de confort del urbanita, lo que redundará en unos beneficios sobre la salud física y mental del habitante de las ciudades.

Por otra parte, el equipamiento vegetal de las ciudades da respuesta a ciertas necesidades de convivencia, agrupación y socialización de distintos grupos humanos que habitan en las urbes, cumpliendo de este modo una importante función social que llega a ser de interés incluso en la reafirmación de la integridad de la persona en cuanto facilita su unión con el pasado (jardines de origen histórico, acompañamiento verde en zonas monumentales) o lo que es lo mismo, facilita la ubicación de la persona en un orden cultural, pero también en un orden natural gracias a la conexión de la sucesión temporal de los aspectos biológicos (paso de las estaciones, temperaturas, longitudes del periodo diario de luz) con estos espacios vivos.

Los usuarios de parques y jardines y, más concretamente los niños, ancianos y otros elementos de la población inactiva, encuentran en las zonas verdes la satisfacción de unas demandas concretas que tienen que ver sobre todo con lo lúdico y el descanso, beneficiándose al mismo tiempo de todo el resto de efectos favorables que otorgan estos espacios. Otros grupos de la población se sirven de los espacios verdes de distinta manera, más dinámica como es paseo, la práctica de deportes, etc.

En virtud de lo dicho, el planeamiento verde de las ciudades debe concebirse acogiendo la posibilidad de distin-

tas actividades y usos diversos de ejecución simultánea, evitando centrarse en el fomento de un uso concreto de forma prolongada. Sus diseños deben basarse en análisis y estudios de percepción humana, teniendo en cuenta la disyunción entre espacios geométricos y de diseño libre y las notables y variadas influencias que en uno y otro caso pueden ejercer sobre los usuarios de los parques y jardines.

De todo lo antedicho se colige la necesidad social de un equipamiento verde en las ciudades, realizado con un cuidado planeamiento, de manera que se consiga una malla jardinera unida a zonas periurbanas verdes.

La radical defensa y preservación de un sistema territorial de espacios libres que circunde las áreas urbanas resulta una de las pocas alternativas capaces de superar los modelos habituales de urbanización expansiva limitada. (Albet, 1992). Esta defensa del medio natural debería incluir dos estrategias básicas: por una parte la preservación de las áreas aún valorizables y, por la otra, la recuperación de los espacios esenciales degradados, todo ello a través de una política territorial integrada y una redistribución de los beneficios obtenidos.

Un sistema territorial global de espacios libres basado en una serie de elementos esenciales estructuradores (parques naturales, corredores ecológicos, etc. haría posible la recuperación de unas condiciones de continuidad ambiental tanto a nivel metropolitano y comarcal. El tratamiento dado a este sistema debería ser similar al de una red básica de cualquier otro sistema o infraestructura territorial general, con sus costes de consolidación y difusión, de conservación y recuperación.

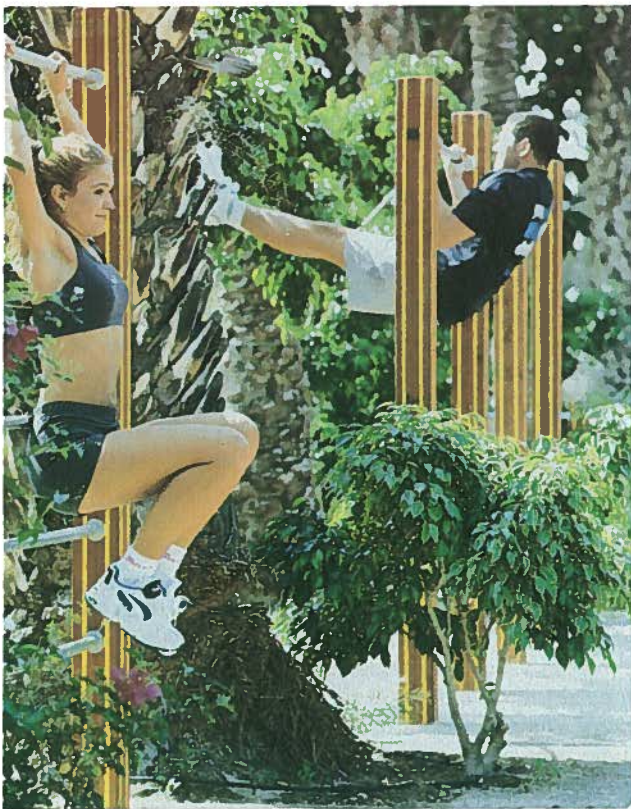
Los planes verdes urbanos

El tratamiento del paisaje urbano y periurbano se plantea en la actualidad mediante unos criterios planificadores de amplio horizonte que contemplan el equipamiento verde de la ciudad, el paisaje de sus zonas periféricas y la conexión de la ciudad con los paisajes naturales y agrícolas cercanos. Estos criterios de planificación para las ciudades y su entorno se plasman en los Planes Verdes que desde hace 20 años se están aplicando en más de 50 ciudades, siendo Valencia la primera de las urbes españolas en las que se ha aplicado.

La planificación verde en la ciudad es una de las oportunidades más importantes de mejorar el estándar de vida y de confort para el ciudadano (Salvador, 1992, 1994). En general, éste es un momento de reflexión para las ciudades europeas y, desde las recomendaciones del Consejo de Europa al Libro Verde de la CE, y las experiencias de una serie de ciudades de Europa, tiene dos finalidades muy definidas: revisar a fondo la planificación urbana, introduciendo componentes y restricciones ambientales y ecológicas, y aumentar la provisión de espacios verdes urbanos. Es decir, no se trata sólo de proporcionar una mayor superficie verde al urbanita, sino también de acercar al habitante de la ciudad a la estima de la naturaleza y al entendimiento de la necesidad y el interés de proteger los recursos natu-



Los aspectos del paisajismo y la jardinería a veces precisan atrevimiento en la realización, tanto con la técnica en el proyecto como en el mantenimiento eficaz. Foto, Sabadell.



En la ciudad se incorporan continuamente espacios nuevos. Uno de los principales son los elementos para zonas deportivas y parques infantiles. En la página siguiente espacio verde periurbano.

rales, el medio ambiente y el entorno inmediato en el que vive, para convivir armónicamente con todo ello.

Un Plan Verde es una ordenación a largo plazo, para 20-25 años de ejecución, por lo que requiere voluntad y estabilidad en el equipo municipal de gobierno, puesto que éste tiene una acción muy directa en un doble campo de intervención que conlleva medidas y actuaciones en funciones de protección y en funciones de fomento y desarrollo. Asimismo, tanto en la fase de planificación verde como el resto del proceso es imprescindible la participación de los ciudadanos y sus organizaciones colectivas o colegiadas.

La planificación verde tiene una metodología relativamente rigurosa (Salvador, 1994) y debe proporcionar una base de estándares realistas que guíen el trabajo de los planes urbanos y al diseño ciudadano hacia un nivel de referencia de interés público. Ejemplos de estos estándares son el establecimiento de un óptimo de cobertura verde en la ciudad (es sugerible un 30% de su superficie); la determinación del número de parques mayores de 10 hectáreas y su distribución en el área urbana; la definición del tanto por ciento del presupuesto municipal dedicable al mantenimiento de zonas verdes; estipular la relación entre el valor de las propiedades verdes y el valor total del patrimonio municipal; la distribución por barrios de zonas verdes situadas a menos de 10-15 minutos a pie de los potenciales usuarios; el número de árboles por kilómetro lineal de calle.

Estos planes que persiguen la regeneración ambiental ciudadana y la creación de un paisaje humanizado en la urbe y la conservación del patrimonio verde natural de los territorios periféricos no pueden sostenerse en el tiempo con la única voluntad de los municipios, algunos técnicos y una parte más o menos significativa de la ciudadanía. Es indispensable la concienciación ciudadana masiva, lo cual se pasa por un adecuado y eficiente programa de educación ambiental (Sanz *et al.*, 1995). El Programa MaB de la UNESCO, la Conferencia de Estocolmo (1972), la Conferencia Intergubernamental de Educación Ambiental de Tbilisi (1977) y el Congreso Internacional celebrado en Moscú sobre dicha materia (1987) recomiendan el establecimiento de estos planes de educación ambiental. Para la ciudadanía, cualquier planificación urbana sólo será eficaz si incluye como objetivos las necesidades de la mayoría de los ciudadanos, que son la población implicada y afectada. Una eficiente publicitación de los objetivos y la metodología da lugar a que el público afectado se implique en el plan. Una segunda fase es, tras la estimulación del interés ciudadano, establecer unos cauces para canalizar las ideas del público interesado e incorporarles al proceso, con lo que se obtiene el apoyo social necesario que demandan la Directiva de la Unión Europea 90/313 de 1992 y la Carta Urbana Europea del Consejo de Europa (1993).

Aprovechamiento de las áreas periurbanas

En ocasiones, el uso lúdico y social de muchas zonas periurbanas ya sólo pertenece a la memoria colectiva de



los ciudadanos: bosques y llanos cercanos a los pueblos y ciudades, a menudo eran el destino habitual de excursiones o romerías, en ocasiones relacionadas con ermitas, fuentes o merenderos. A iniciativa de algunos ayuntamientos y de ciertas entidades sensibilizadas con la necesidad de preservar y, a la vez, potenciar adecuadamente los espacios del entorno urbano, se han iniciado campañas de difusión de la existencia y posibilidades de estas zonas periurbanas como óptimos enclaves para el ocio y esparcimiento ciudadano, evitando su degradación, y siendo a la vez una excelente vía de concienciación y educación ambiental, como formas de ocupación compatibles con los usos agrícolas tradicionales y en clara alternativa a la frecuentación y abuso de los parques naturales.

Muchos territorios españoles tienen unos ámbitos de auténtica riqueza que exigen ser preservados a la vez de utilizados por la población. Esta circunstancia exige una actitud especial de protección del medio físico y unas adecuadas estrategias de descongestión en correspondencia con el disfrute del medio natural y con la recuperación de las áreas naturales en declive. A tal fin, es conveniente establecer unas categorías de ordenación para el suelo no urbanizable. La legislación del País Vasco ha delimitado unas categorías que constituye un interesante elemento para el planeamiento municipal:

- a) Areas de preservación estricta.
- b) Areas de conservación estricta.
- c) Areas de regeneración y mejora.
- d) Areas de uso forestal existente.
- e) Areas de uso forestal a crear.
- f) Agricultura intensiva.
- g) Agricultura extensiva.
- h) Areas de uso forestal a crear.
- i) Areas de protección de aguas superficiales.
- j) Areas sin vocación de uso definido. (Erquicia, 1995).

Un problema paisajístico y medioambiental de importancia es el que tiene que ver con la restauración de los espacios degradados que existen en nuestras zonas urbanas y periurbanas debidos a la falta de planificación y control en el desarrollo de actividades de carácter industrial, el vertido indiscriminado de residuos y basuras, la pérdida de uso original y abandono de determinados espacios. Superficies afectadas por antiguas actividades extractivas, canteras, graveras, vertederos incontrolados de residuos sólidos urbanos, escombreras con restos de obras y demoliciones, vertederos de origen industrial, instalaciones industriales desmanteladas y fuera de uso, viejas líneas ferroviarias, las riberas de los ríos convertidas en numerosos casos en auténticos «basureros», constituyen algunos ejemplos.

Entre los problemas ambientales genéricos que pueden darse con la existencia de estas áreas degradadas, cabe destacar los siguientes (Andrés y Gómez, 1991):

- a) Contaminación de aguas superficiales y subterráneas, atmósfera y suelo.
- b) Inducción de fenómenos de erosión e inestabilidad.
- c) Riesgos para la salud de las personas.
- d) Alteración de la cubierta vegetal.
- e) Deterioro de la calidad o carácter del paisaje.

Debe subrayarse además que los problemas asociados a zonas contaminadas o degradadas no sólo se circunscriben al área propiamente alterada, sino que pueden extenderse a una superficie mucho más amplia.

Los programas de restauración que deben establecerse para solventar los mencionados problemas de degradación, deben permitir o la reconstrucción del potencial biológico de las superficies afectadas de forma que sea viable su utilización para otros usos, o su integración nuevamente en el marco físico y paisajístico de que forma parte. Estas intervenciones conllevan unas mejoras específicas en las condiciones ambientales de la zona alterada y su entorno, así como la protección frente a riesgos para la salud que suponen en determinados casos (control de la contaminación).

La elección del destino final a dar al área recuperada es un factor inicial a considerar en la planificación de la restauración. Han de tenerse en cuenta tanto las características del medio físico propias de la zona y de su entorno, como aspectos relativos a usos del terreno en zonas adyacentes, previsiones de uso en los planes de ordenación, tamaño del área y situación con respecto a núcleos de población, servidumbre, propiedad de los terrenos, además de las demandas y preferencias de la población local. Andrés y Gómez (1991) proponen un amplio rango de posibles soluciones; usos productivos agrícolas y forestales, implantación de zonas comerciales y edificaciones, establecimiento de una cubierta vegetal con fines protectores y de integración en el medio, adecuación de hábitats para la fauna (zonas húmedas en graveras), áreas para la educación ambiental y creación de espacios verdes y zonas recreativas.

La reconversión de estas zonas degradadas puede constituir el origen de espacios abiertos de ocio y con equipamiento vegetal, de los que es importante la carencia en muchas ciudades españolas. La oportunidad que se ofrece con esta reconversión podría satisfacer una parte de la demanda social que existe respecto de este tipo de espacios ciudadanos o metropolitanos en los que también podrían ofertarse una serie de actividades de tipo activo como senderismo, paseo, pedestrista, ciclismo, así como otras actividades pasivas: excursiones campestres, educación ambiental, etc., y sin olvidar la oportunidad que se ofrece para establecer una planificación de pasillos verdes que conectan la ciudad con el espacio rural.

La visión actual del problema pasa por pensar en una ciudad que forma en su periferia una nueva trama a escala de metrópolis, dotada con un sistema de interfases, como se ha ensayado en el proyecto de Ecología Urbana del Gran La Plata (Perci, 1995), y que ha dado la posibilidad de reconocer mejor las relaciones complejas que se establecen entre áreas y establecer acciones que vuelvan positivas las interfases críticas.

Un ejemplo de un plan de mejora del medio rural y del paisaje de una zona aledaña al ámbito urbano es el de la zona de la Punta, en Valencia, para el cual la Oficina del Plan Verde de esta ciudad ha establecido un interesante programa de actuación. La Punta (775 ha y 7,5 habitantes/km²) dispone de una gran área de huerta calificada como

Suelo no Urbanizable y Protegido, con alta calidad de paisaje pero altamente afectado por impactos correspondientes a elementos construidos, muchas sin licencia y varios con fuerte carga de tráfico. El futuro de la zona está amenazado por ser limítrofe a un área calificada como Suelo Urbanizable, y estar circundada por una autopista y una vía férrea. El plano establecido incluye además de la recuperación de la huerta, un conjunto de estándares que son de interés para el planeamiento verde de zonas similares (Salvador et al., 1995):

- a) No se consideran espacios verdes menores de 1.000 m² y no se cuentan las superficies ligadas al tráfico, aunque sean mayores.
- b) Distancia máxima de acceso peatonal a un espacio verde, 5 minutos (400 m).
- c) Espacios verdes: 15-30 % sobre superficie. La composición será un 10 % forestal y un 15 % de espacios verdes.
- d) Unidad mínima de bosque: 10 Ha.
- e) Cinturón verde: 5-10 % sobre superficie.
- f) Dotación de arbolado: 0,5 árboles/habitante.
- g) Zonas para niños: 5 m²/habitante.
- h) 25 % de vegetación en espacios deportivos.
- i) Banda de protección en industrias e infraestructuras: 100-300 m de profundidad.
- j) 1 huerta de recreo por cada 1,5 viviendas sin jardín privado.

La regeneración de los impactos paisajísticos

Las actuaciones humanas sobre el paisaje, realizadas a través de proyectos, obras o actividades, pueden ser:

- a) Espaciales (grandes transformaciones agrarias, repoblaciones forestales).
- b) Lineales (carreteras, ferrocarriles, gaseoductos, oleoductos, canales, líneas de transporte de energía).
- c) Superficiales (complejos industriales, centros urbanos y turísticos, embalses, puentes, viaductos, puertos, etc.).

Todas estas actuaciones producen efectos sobre la topografía, la vegetación, la naturalidad y la singularidad.

Las medidas preventivas y correctoras para prevenir, paliar, o corregir los efectos o impactos sobre el medio ambiente se agrupan en:

- a) Medidas de diseño.
- b) Medidas sobre las formas.
- c) Medidas sobre la textura y color.
- d) Medidas sobre la visibilidad (Conesa, 1994).

En el caso de la restauración paisajística tras las alteraciones derivadas de la agricultura, el paisajista debe aplicar unas medidas correctoras consistentes fundamental-

mente en tratamientos de vegetación empleando materiales mayoritariamente autóctonos, de cara a optimizar la integración paisajística, la viabilidad de las especies plantadas y el éxito de las revegetaciones minimizando los trabajos de mantenimiento. El impacto paisajístico producido por los cambios de uso del suelo e introducción de nuevos elementos artificiales añadidos al paisaje, deben llevar asociado medidas orientadas a la integración paisajística de los distintos elementos y acciones que comporta el proyecto, tanto en su fase de obra como en el posterior funcionamiento o explotación.

La regeneración del paisaje afectado por las obras públicas debe ser desarrollada con una cuidadosa metodología y requiere intervenciones del paisajista en sus diferentes fases: planificación, estudio, proyecto, ejecución y uso.

La intervención en la planificación evita daños y costos innecesarios, aportándose un adecuado conocimiento del territorio, de sus potenciales de uso y de los accesos al área geográfica de que se trate.

La intervención en la fase de estudio debe dar lugar a un concienzudo análisis de la cuenca visual y a un profundo conocimiento del medio, que evite impactos críticos en la fase de proyecto. Este estudio crea la posibilidad de iniciar actuaciones para contrarrestar los efectos sobre las poblaciones, y da lugar a decidir acerca de la correcta ubicación de los elementos que atenúan el efecto barrera, debiéndose intervenir también en áreas no ligadas estrictamente al marco de la obra (p.e. en reforestación). Esta fase requiere la obtención del material vegetal apropiado, debiéndose decidir las especies, cantidades y tamaños.

En la fase de proyecto la intervención debe hacerse condicionando determinadas geometrías que facilitan los procesos de regeneración, buscando el mejor aprovechamiento de los medios auxiliares, minimizando las pérdidas y los trasiegos de materiales edáficos y aprovechado accesos auxiliares regenerables.

Si no se ha colaborado en los estadios previos ya nombrados, las ventajas dependerán de la organización, mientras que si se ha intervenido, los trabajos serán más efectivos.

La conservación del paisaje histórico

Existe actualmente en Europa un creciente acercamiento entre la política de medio ambiente y las normas conservadoras del patrimonio cultural. Esta convergencia se proyecta de una forma especial en la evolución que ha venido experimentando en las últimas décadas el concepto de paisaje, lo que comporta una noción integrada de Medio Ambiente Natural y Construido que va siendo divulgada en numerosos países para lograr una toma de conciencia por parte de la sociedad sobre la trascendencia cultural de esos valores, su proyección económica y social, su significado testimonial y su valor de referencia colectiva.



En Valencia, Jardín del Turia, basado en una idea de jardín público Mediterráneo.

En España existen casos clarísimos en ciudades con una situación acuciante y particularmente reveladora de cómo una planificación urbana inadecuada provoca la degradación progresiva de su conjunto y llega a poner en peligro la supervivencia de sus monumentos más insignes, cuyo deterioro se debe más que al descuido, a la forma en que actualmente están planeadas esas ciudades.

En una brillante reflexión que hacía en 1992 el Jefe de la División de Patrimonio Cultural del Consejo de Europa, José M^o Ballester, se realizaba una valoración de las tendencias paisajistas actuales como aglutinadoras de ánimos conservadores de lo natural y lo cultural. Para Ballester es un planteamiento que se inspira en una cultura cada vez más extendida del medio ambiente, natural o construido por el hombre, que sintoniza de manera particular con la sensibilidad de la sociedad actual y, en especial, de las nuevas generaciones. Una cultura que insiste de manera particular en la trascendencia de los valores paisajísticos, hasta ahora postergados -cuando no ignorados- en las políticas y en las prácticas.

El interés y la preocupación por el paisaje no son privativos de nuestra época, sino que se inscriben en la mejor tradición de la cultura europea. Basta recordar, por ejemplo la va-

loración que del paisaje se realizaba en el Renacimiento o en la Ilustración. Los ilustrados consideraban el paisaje como un proyecto espacial y cultural que se inspira tanto en una nueva concepción de la naturaleza como en el anhelo de un equilibrio social más justo. Es una aproximación que conserva toda su vigencia puesto que la consideración de paisaje no puede limitarse a su nueva dimensión física, sino que es necesario tener en cuenta sus connotaciones culturales. Debe reivindicarse la dimensión cultural del paisaje y su integración en las políticas de medio ambiente, de planificación urbana y de ordenación del territorio.

El estudio del patrimonio cultural, y por añadidura de los Jardines Históricos que en él se incluyen, han sido objeto de numerosas discusiones en foros nacionales e internacionales. La Carta de Atenas, en 1931, instar a los estados a proteger su patrimonio cultural, considerando los monumentos arquitectónicos en general. En 1964, la Carta de Venecia consideraba al monumento como la creación arquitectónica aislada y a su entorno. Finalmente, en 1981, surge la Carta de Florencia en la que ya se contempla al Jardín Histórico con entidad propia dentro del patrimonio cultural de un país. En el artículo primero del texto florentino podemos leer que «un Jardín Histórico es una



El paisajismo posee en la sociedad actual importantísimas actuaciones que tienen que ver con la conservación del medio ambiente natural y la mejora del urbano. Foto, Valencia.

composición arquitectónica y vegetal que, desde el punto de vista de la historia o del arte, tiene un interés público». Continúa en el artículo segundo diciendo que «el Jardín Histórico» es una composición de arquitectura cuyo material es esencialmente vegetal y por lo tanto vivo, perecedero y renovable». También la legislación española (Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español) hace referencia al Jardín Histórico, incluyéndolo como figura jurídica propia dentro del patrimonio cultural español. En el artículo 15 de la mencionada ley, Jardín Histórico es «el espacio delimitado, producto de la ordenación por el hombre de elementos naturales, a veces complementado con estructuras de fábrica, y estimado de interés en función de su origen o pasado histórico o de sus valores estéticos, sensoriales o botánicos», definiéndose el Sitio Histórico como «el lugar o paraje natural vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado, a tradiciones populares, creaciones culturales o de la naturaleza y a obras del hombre, que posean valor histórico, etnológico, paleontológico o antropológico».

Estas figuras de protección incluidas en la ley pueden agruparse con otros espacios de índole distinta pero de gran importancia en el verde urbano.



Mobiliario urbano específico para los parques infantiles.

Escámez y García-Verdejo (1993) han propuesto una clasificación en la que forman un primer grupo los Jardines Históricos (creaciones supervivientes de la actividad artística y social de otro tiempo) y por extensión los Conjuntos Históricos que tuvieron un destacado papel del verde en su ámbito, junto con los Jardines Botánicos. Un segundo grupo se caracteriza por el origen natural y lo rural de los espacios integrables en el verde urbano, constituido por los Sitios Históricos y principalmente por los Monumentos Naturales (espacios o elementos de la naturaleza constituidos básicamente por formaciones de notoria singularidad, rareza o belleza) y los Paisajes Protegidos (lugares concretos del medio natural que, por sus valores estéticos y culturales, sean merecedores de una protección especial). A este grupo pertenecían también los Parques Periurbanos, definidos por la legislación andaluza como espacios naturales situados en las proximidades de un núcleo urbano, hayan sido o no creados por el hombre, que sean declarados como tales con el fin de adecuar su utilización a las necesidades recreativas en las poblaciones.

Finalmente, el tercer grupo es el formado por todos aquellos espacios y elementos que se han ido incorporando sucesivamente a la ciudad, es decir el verde intraurbano propiamente dicho.

Jardines para discapacitados

A muchas personas les es negado el goce de las bellezas de la naturaleza en la ciudad puesto que numerosos jardines corrientes son inaccesibles físicamente para los discapacitados o -casi tan triste como esto- porque en el diseño de los parques prepondera lo visual frente a las otras experiencias sensoriales. Afortunadamente, los proyectistas de jardines y parques, así como los usuarios, van entendiendo cada vez más que los jardines no sirven sólo para su observación: la belleza de la naturaleza proyectada en el jardín se percibe también mediante el olfato, tacto y sonido. Yendo más allá, si se diseñan jardines pensados a tal efecto pueden acomodarse a público con movilidad menoscabada o invidentes. La dificultad de un jardín para ciegos reside en hacer abstracción de la vista, y componer o diseñar un conjunto que sea legible para los invidentes a través de los demás sentidos, en el cual se puedan orientar con facilidad y rapidez, mediante el conocimiento del suelo por los pies y el sonido producido por éstos, reservando el uso de las manos al tacto de la vegetación y otros elementos. El conjunto debe además ser entendido de tal forma que los ciegos puedan hacerse una «imagen» o reflejo mental, tal que pudiera ser recordado.

Es esencial que las zonas verdes excluyan cualquier tipo de barrera que dificulte su uso y disfrute a la totalidad del público hasta el límite de sus deseos y capacidades físicas y cognitivas. Esto conlleva aspectos fundamentales como: a) la anchura, pendientes, superficies y pasamanos para los caminos, b) la accesibilidad de los elementos de práctica hortícola, c) la provisión de señalizaciones e indicadores de dirección para invidentes, d) bancos con alturas apropiadas y a distancias más cortas de lo normal, e)

aparcamientos cercanos especialmente diseñados para ambulancias y autobuses especiales, y f) lavabos anejos accesibles para la gente con disminuciones.

Existe un tipo de ajardinamiento creciente en Europa que no sólo permite su accesibilidad para invidentes y otros discapacitados, sino que además ofrece a los aficionados con alguna minusvalía, la posibilidad de poder participar en las labores jardineras, construyéndose los macizos a una altura accesible desde las sillas de ruedas, elementos de cultivo colgantes, monitores al servicio de este colectivo de usuarios, etc.

Resumen

El paisajismo posee en la sociedad actual unas importantísimas actuaciones que tienen que ver con la conservación del ambiente natural y la mejora del medio ambiente urbano, tendiéndose a la planificación de las ciudades y del territorio periurbano conformando una trama verde que conecta todo el sistema de espacios verdes intraurbanos con los paisajes naturales o renaturalizados. Asimismo, la humanización del paisaje urbano y su dotación verde conlleva la adecuación del diseño de parques y jardines al uso de los discapacitados.

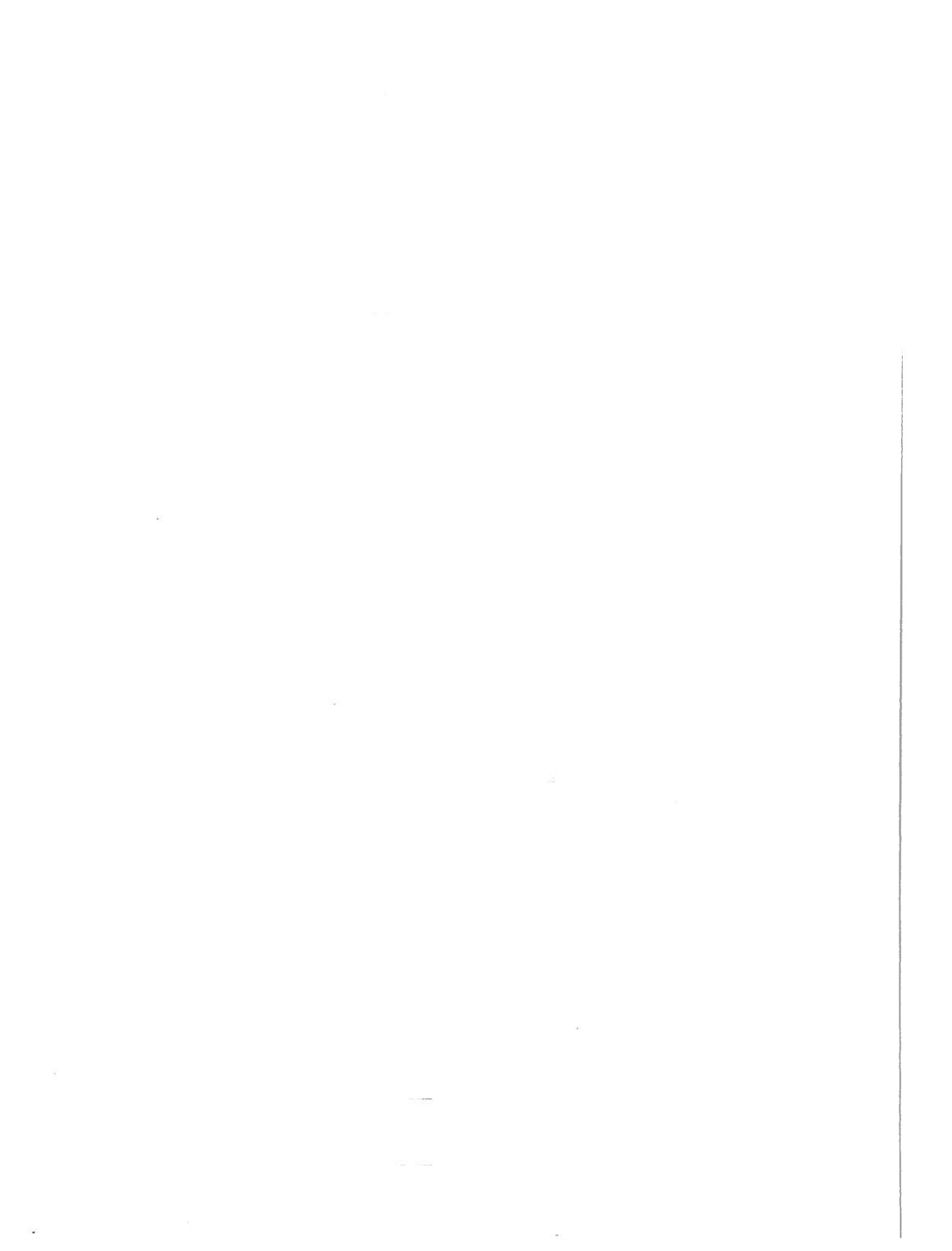
Agradecimiento

El autor agradece a la Ingeniero Agrícola Dña. Amparo Morata Carrasco su colaboración técnica en el desarrollo del presente trabajo. ◀

Bibliografía

- Albet, A., 1992. Estrategia territorial y transformación del paisaje; el sistema de espacios libres del Vallés Occidental (Barcelona). Actas de las V Jornadas sobre el paisaje. 95-109.
- Andrés, L. y M.E. Gómez. 1991. La restauración de espacios degradados. En : Ferrer M., «Ecología Social y Ambiente». Ediciones Universidad de Navarra. Pamplona. 189-204.
- Ballester-Olmos, J.F. 1991. El medio ambiente urbano y la vegetación. Estudio de la situación de la ciudad de Valencia. Generalidad Valenciana. Consellería de Agricultura y Pesca. Serie técnica.
- Ballester-Olmos, J.F., 1993. La Terapia Hortícola en la rehabilitación de minusválidos psíquicos y físicos. Generalidad Valenciana. Consellería de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Bernatzky, A. 1970. Climatic influence of greens and city planning. Anthos.
- Cartwright, R. 1980. The design of urban space. The Architectural Press. Londres.
- C.C.E. 1990. Libro Verde sobre el Medio Ambiente Urbano. Comisión de las Comunidades Europeas. Bruselas.

- Conesa, V. 1994. El impacto paisajístico de las obras públicas. Medidas preventivas y correctoras. En : Ballester-Olmos (Ed), 1994. Regeneración del paisaje. U.P.V. Valencia. 48-61.
- Cubillo, L. 1982. Diseño y optimización funcional de las zonas verdes urbanas. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- Deelstra, T. 1990. Nature in towns and cities. The International Institut for the Urban Environment. Delf. Holanda.
- Erquicia, J.M. 1995. El tratamiento de las áreas de interés natural y de las áreas de esparcimiento en las directrices de ordenación territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. PARJAP-95. 155-179.
- Escámez, A y J.C. García-Verdugo. 1993. Jardines históricos y especies naturales en el verde urbano. En : Salva y García-Verdugo (Eds) 1993. Naturaleza Urbanizada. Estudios sobre el verde en las ciudades. Universidad de Málaga. Debates. 59-77.
- Ferrer, M. y A. Peláez. 1996. Población, ecología y medio ambiente. Ediciones Universidad de Navarra. S.A.
- Gilbert, O.L., 1991. The ecology of urban habitats. Chapman and Hall. Londres.
- Gómez Orea, D. 1994. Impacto ambiental de los proyectos y actuaciones agrarios. En : Ballester-Olmos (Ed) 1994. Regeneración del paisaje U.P.V. Valencia. 66-92.
- Gómez, F. y P.J. Salvador. 1992. Urbanización, paisaje y espacios naturales en el entorno de las grandes ciudades : el Saler y la Albufera de Valencia. Actas de las V Jornadas sobre el paisaje. 31-48. Segovia.
- Grey, G. y J. Deneke. 1986. Urban forestry. John Wiley and Sons. Nueva York.
- Grub, H. 1986. Ajardinamientos urbanos. Editorial Gustavo Gili. S .A. Barcelona.
- Haskell, T. 1971. Environmental values of trees and landscape plants. National Symposium for Parks, Recreation, Environmental Design.
- Jellicoe, G. y S. 1995. El paisaje del hombre. Editorial Gustavo Gili. S.A. Barcelona.
- Kwi-Gon-Kin, 1989. Climate, urbanization and green spaces in urban areas. The case of Seoul. MaB-UNESCO. Univ. de Seoul.
- Landsberg, H. 1981. The urban climate. Academic Press. Nueva York.
- Marti, J.L. y M.J. Murcia. 1988. Enfermedad mental y entorno urbano. Anthropos. Barcelona.
- McHarg, I. 1969. Design with nature. Garden City. Natural History Press. Nueva York.
- MOPU. 1990. Espacios públicos urbanos. Trazado, urbanización y mantenimiento. Instituto de Territorio y Urbanismo.
- Muret, J.P., Y.M. Allain y M.L. Sabrie. 1987. Les espaces urbains. Concevoir, realiser, gener. Editions du Moniteur. París.
- Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island. Atmos. Environ. J. 769-779.
- Pesci, R. 1995. Las interfases : Nueva frontera de los espacios abiertos urbanos. PARJAP-95, 111-153.
- Prats, M.J. 1992. Transformaciones del paisaje en el área de influencia de la ciudad de Madrid : la evaluación del impacto ambiental como herramienta preventiva. Actas de las V Jornadas sobre el paisaje. 75-85. Segovia.
- Robinette, G.O. 1972. Plants people and environmental quality. U.S. Dept. Interior. National Park Service. Washington D.C.
- Salvador, P.J. 1994. La ecología, el paisaje y el medio ambiente en la ciudad. Planificación Verde en Valencia. En : Ballester-Olmos (Ed). 1994. Regeneración del paisaje. U.P.V. Valencia. 95-111.
- Salvador, P. 1995. Plan Especial de mejora del medio rural y del paisaje en el ámbito de influencia del Ayuntamiento del Camino de la Punta. PARJAP-95. 272-275.
- Salvo, E. 1993. Naturaleza urbanizada. En : Salvo, E. y J.C. García Verdejo, Eds. 1993, Naturaleza urbanizada. Estudios sobre el verde en la ciudad. Universidad de Málaga. Debates, 7-14.
- Sanz, C., A. Taberner, J. García y P. Salvador. 1985. La educación ambiental sobre la huerta de Valencia. Un proyecto educativo para la planificación verde. PARJAP-95. 191-196.
- Seoanez, M., B. Aguilar y C. Tortolero. 1981. Contaminaciones de origen industrial y urbano en el medio natural. En : Tratado del Medio Natural. Tomo I. 117-145. Univ. Pol. Madrid.
- Smith, D. 1987. Vegetación y clima urbano en Valencia. España. Un proyecto piloto. Ayuntamiento de Valencia.
- Sukopp, H. y D. Werner. 1982. Naturaleza en las ciudades. MOPU. Madrid.



Cubiertas verdes

Elsa González Zorn (*)

► Introducción

La calidad de vida en las grandes ciudades europeas depende, entre otros factores, de la vegetación que el ciudadano encuentra en su entorno. Las «zonas verdes» escasean debido a la enorme presión económica y social sobre el suelo urbano, y a la mala planificación de muchos proyectos urbanísticos. Esta carencia de suelo disponible para la vegetación ha empujado a las universidades y empresas europeas a encontrar nuevas superficies para «enverdecer»: las fachadas, los tejados, las terrazas y las azoteas de los edificios. El «enverdecimiento de cubiertas» (del alemán «Dachbegrünung») surgió inicialmente en la Universidad Humboldt de Berlín como solución a dicha carencia, y hoy en día es un tema de investigación en la Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, donde existen estaciones de ensayo establecidas conjuntamente entre empresas del sector de la construcción y la administración pública.

Sin embargo, la idea de incorporar la vegetación como elemento arquitectónico en las construcciones no es nueva en la Historia, aunque sí es nuevo el planteamiento medioambiental. Hoy en día, la jardinería urbana en todas sus expresiones, la xerojardinería, las cubiertas verdes, en definitiva, la denominada «naturación urbana» es una necesidad, una solución urgente para un medio muy deteriorado, el medio urbano.

Antecedentes históricos

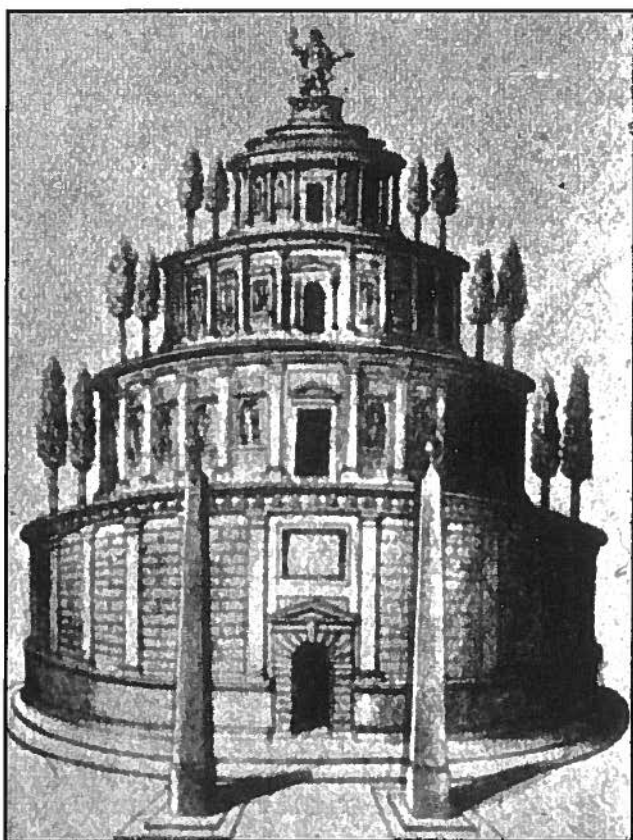
La idea de cultivar vegetación sobre las construcciones no es nueva, y existen muchos y muy bellos ejemplos en la historia de la Arquitectura y la Jardinería.

Una forma primitiva de la «cubierta verde» se encuentra en los países escandinavos; en la temprana edad media se construían las viviendas de madera y con tejados inclinados entre 22° y 34° cubiertos de pradera. Algunos museos en Suecia, Finlandia y otros países nórdicos reconstruyen este tipo de cubiertas recordando una arquitectura ancestral y cuyo efecto estético es tremendamente curioso. El clima de estos países permite que las praderas permanezcan verdes todo el año y antiguamente proporcionaban impermeabilización y aislamiento térmico a los habitantes. En muchas ocasiones incluso se realizaba la siega y abonado de estas praderas inclinadas utilizando ganado de poco peso al que se permitía pastar en el tejado.

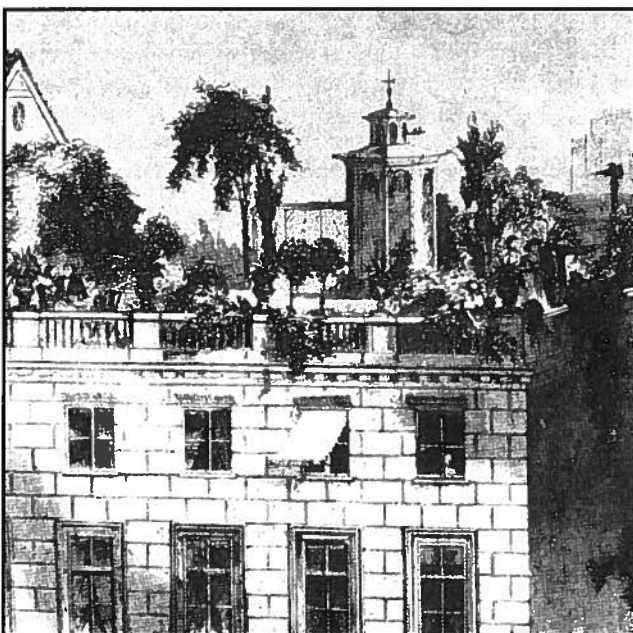
La cubierta horizontal transitable tiene su origen en la azotea mediterránea, un elemento típico de la arquitectura de los países de clima suave, y forma parte de la vivienda como una habitación más perfectamente utilizable.

El ejemplo más famoso y más antiguo de «azotea ajardinada» se encuentra en la antigua Mesopotamia. El

(*) Elsa González Zorn: Ingeniera Agrónoma. Estudió en el Colegio Alemán y se licenció en la Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid en 1993, en la especialidad de Fitotecnia. Tuvo el primer contacto con la Universidad Humboldt en un simposio en Berlín en junio de 1991, obteniendo en noviembre una beca en dicha universidad para escribir el Proyecto Fin de Carrera «Estación de Ensayo para el Enverdecimiento de Cubiertas en Madrid», y colaboró en el proyecto de cubierta verde que actualmente se encuentra en la azotea de la Escuela de Agrónomos de Madrid. Ha dado conferencias y ha escrito artículos sobre este tema, siguiendo siempre muy de cerca la investigación sobre naturación urbana en dicha Escuela. Tiene una amplia experiencia en jardinería, planta autóctona y nutrición vegetal, adquirida en viveros y en organismos oficiales. Actualmente trabaja en su tesis doctoral sobre sustratos de cultivo, fertirrigación y producción de planta ornamental.



Dibujo de Du Perac reconstruyendo el aspecto del Mausoleo de Augusto.



Casa del arquitecto Carl Rabitz, en Berlín, 1867.

palacio real de Babilonia fue reconstruido en el siglo VI a.C. por Nabucodonosor (la fecha de construcción se desconoce), y es una de las siete maravillas del mundo, además de un lugar rodeado de literatura y leyenda. Fue famoso sobre todo por los jardines, descritos con abundancia en los textos históricos de la época. En ellos se cuenta que los árboles crecían en construcciones hechas sobre pilares encuadrados, a unos 16 metros de altura. Algunos autores afirman que se construyeron para una reina extranjera, unos dicen que persa, otros que siria, «con el fin de imitar las selvas y la amenidad de la naturaleza del país montañoso de donde venía la favorita...» Otro ejemplo de esta época previo a los templos babilónicos es el templo del dios lunar de Ur.

En general, la jardinería y sobre todo el cultivo sobre las edificaciones en la Antigüedad era un lujo que sólo podían permitirse las clases altas, ya que las únicas construcciones capaces de soportar la sobrecarga eran los palacios y las edificaciones sólidas. Se incorporaba el recipiente y la tierra a la estructura del edificio, formando parte del proyecto arquitectónico, creando un suelo artificial soportado por estructuras resistentes. La finalidad era estética, pero podía también ser de tipo religioso. En el año 26 a.C., Augusto construyó un Mausoleo para él y los suyos, en forma tradicional de sepulcro latino: un túmulo cilíndrico sosteniendo un bosquecillo elevado para demora de las almas. El Mausoleo estaba además rodeado de jardines que recibían el nombre «paradisus».

Con el desarrollo de las ciudades se reduce el espacio libre para vegetación, pero el hombre busca incesantemente ese espacio armonioso y acogedor, en el cual pueda reencontrarse con la Naturaleza, o con el «paradisus», y crea jardines. Los patricios de la antigua Roma y Pompeya incluyeron espacios ajardinados sobre sus palacios. El clima Mediterráneo y las azoteas eran apropiados para ello.

Hasta el siglo XIX no aparecen las formas de construcción modernas. Los arquitectos europeos comienzan a ver la utilidad de la cubierta horizontal propia de los países mediterráneos, y la introducen poco a poco en sus proyectos. Se dan cuenta de la importancia que tiene esta quinta superficie del edificio, y dejan de lado el tejado inclinado. A lo largo del siglo XIX y comienzos del XX surgen arquitectos innovadores que defienden la cubierta horizontal como una nueva tendencia en la arquitectura, que proporciona al habitante del edificio un nuevo espacio vital y es una conquista de terreno (Carl Rabitz, 1867; Hennebique, 1887).

Paralelamente a este cambio de actitud entre los arquitectos se desarrollan los materiales de construcción que hacen viables estas innovaciones. Tras la invención del hormigón armado se emplea la cubierta horizontal con ajardinamiento cada vez con más frecuencia. Posteriormente, los materiales plásticos y bituminosos posibilitarán la impermeabilización las construcciones de forma barata y sencilla.

A comienzos del siglo XX, arquitectos famosos como Adolf Loos, Frank Lloyd Wright y Le Corbusier se con-

vierten en los grandes defensores de la cubierta horizontal y utilizable, y posible superficie verde.

En 1920, el arquitecto Le Corbusier inventa «la cubierta jardín», y la pone en práctica en algunos de sus edificios. El mismo dice acerca del tema: «... el jardín sobre el edificio será el lugar de reunión preferido de la casa y significa además para la ciudad la recuperación de la superficie edificada». Asimismo escribe: «La mejor forma de proteger una cubierta de hormigón es poner un jardín encima.» Si hubiera que definir un «padre» del tejado verde, éste sería indiscutiblemente Le Corbusier.

La frase de Le Corbusier sintetiza la preocupación que existía y existe por el desarrollo de las grandes ciudades. La superficie edificada o bien impermeabilizada con carreteras o calles deja de ser una superficie libre: el suelo queda sellado, ya no recibirá el aporte de agua y materia orgánica, y no se desarrollará vegetación ahí donde se construya. Surge la necesidad de «recuperar» esta superficie.

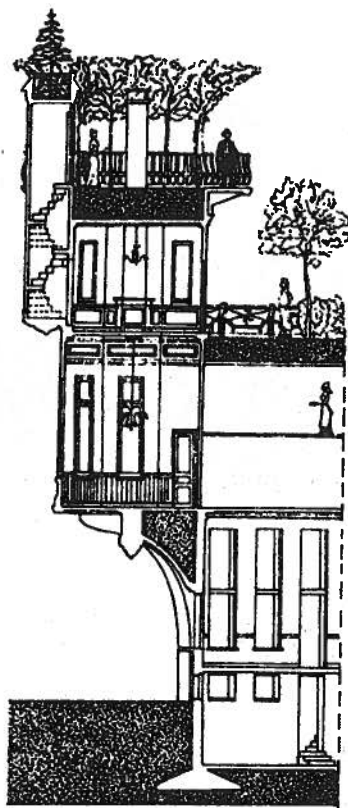
La naturación urbana

Hoy en día, con los problemas de contaminación, edificación incontrolada y masificación de las grandes metrópolis, la «naturación urbana» deja de ser un lujo para pasar a ser una necesidad. El valor estético de la vegetación urbana tiene una gran importancia, pero no tanta frente a otros problemas que preocuparán más al ciudadano moderno.

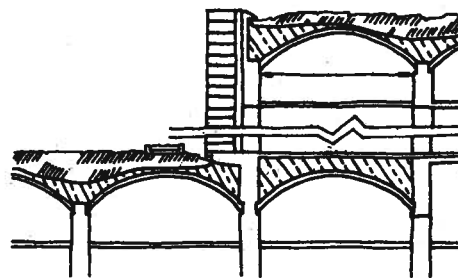
La naturación urbana puede abordarse desde distintos puntos de vista. Los parques urbanos, las zonas verdes, los árboles de alineación, las medianas ajardinadas suponen una mejora ambiental en la vida cotidiana del hombre, por sus efectos fisiológicos y psicológicos, además de estéticos. Proporcionan sombra en verano, evitan el sobrecalentamiento de muchos pavimentos, elevan el grado de humedad ambiental, filtran las corrientes de aire recogiendo grandes cantidades de polvo...

Uno de los problemas del ajardinamiento en las grandes ciudades es el valor del suelo en el mercado. Cada vez resulta más costoso poner suelo urbano a disposición de la vegetación, dada la elevada presión social y económica que existe sobre él. Muchas veces se olvida o se ignora en los proyectos urbanísticos que las familias que habitan estas viviendas necesitan un lugar para su tiempo de ocio, expansión, tranquilidad. El éxodo masivo de las grandes ciudades cada fin de semana en busca de un espacio verde podría evitarse en gran parte proporcionando a las familias un lugar de recreo cerca de sus hogares. En zonas urbanizables de nueva creación es fundamental concienciar a políticos y técnicos sobre la necesidad de incorporar zonas verdes en los proyectos.

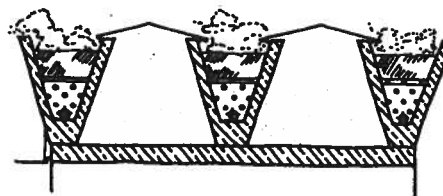
Como alternativa al suelo, sobre todo en las zonas urbanas ya edificadas, centros urbanos, barrios industriales, surge la idea de aprovechar aquellas superficies de la ciudad que quedan «libres» de alguna forma: las cubiertas y paredes de los edificios.



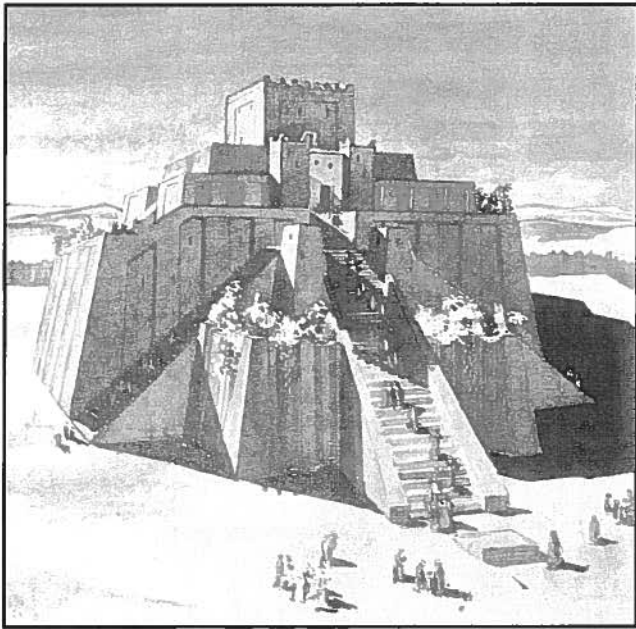
Dibujo de Hennebique, 1887. Las cubiertas horizontales se emplean como espacio de recreo.



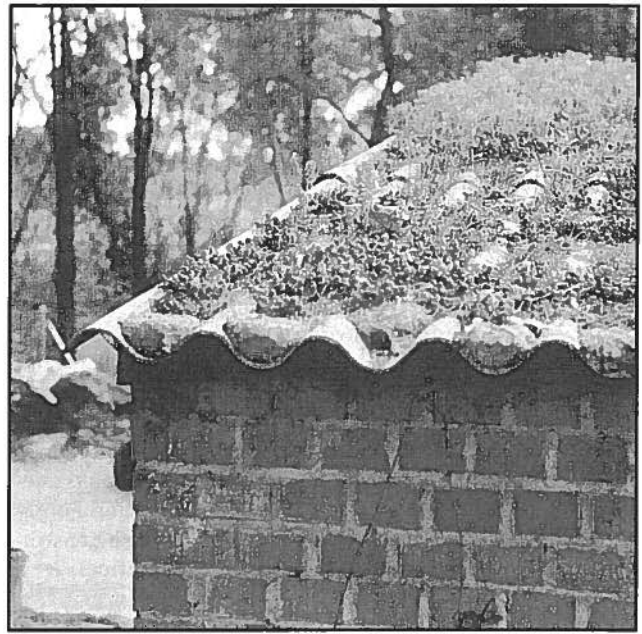
Cubierta horizontal protegida con tierra. Ahmedabad, Le Corbusier.



Cubierta con tragaluces y jardineras. Milán, Le Corbusier.



*Templo del dios lunar de Ur, siglo VI a.C.
(extraído del Summa Artis).*



*Cubierta inclinada con Sedum en La Quinta de los Molinos,
Madrid. Una malla de alambre retiene la tierra y las plantas
(foto de la autora).*

Resulta evidente que un jardín o una terraza verde aislados no van a solucionar los problemas del ciudadano de a pie, ni van a influir en el medio ambiente urbano, probablemente sólo satisfagan a su propietario. Las actuaciones individuales como soluciones puntuales no solucionan el problema global de la ciudad.

Por eso, la naturación urbana que se plantea en este capítulo y cuyo sentido es la mejora medioambiental de las metrópolis europeas no se reduce a la jardinería en sentido clásico. Un enverdecimiento a gran escala y en lugares estratégicamente situados puede ejercer un efecto mayor y global sobre las condiciones ambientales de la ciudad. El objetivo sería crear una red de pasillos verdes aprovechando los parques y jardines ya existentes, que conectan el centro de la ciudad con la periferia. La distribución de zonas verdes por toda la superficie urbana, la creación de «series» de zonas verdes y de superficies verdes extensas, y la intercomunicación entre todas ellas se convierten en los objetivos más importantes, lo que se ha venido a llamar «sistemas de grupos de biotopos» (Heydemann, 1983).

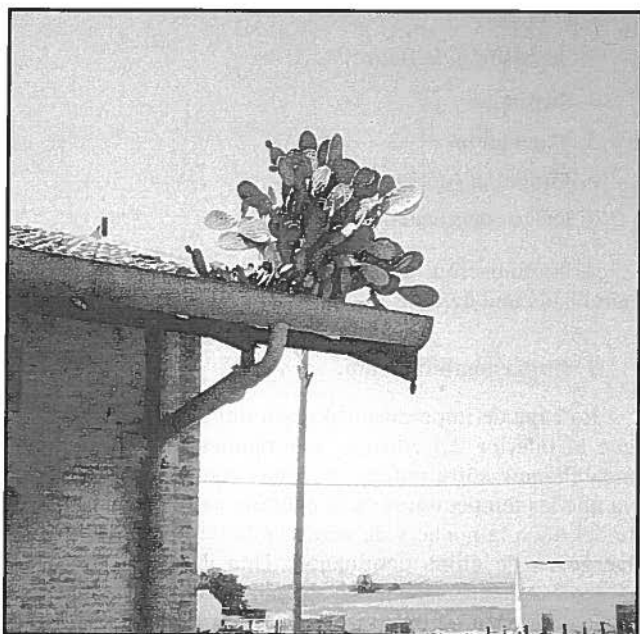
Existe ya una modelización de algunas ciudades que se basa en funciones multilineales para optimizar resultados. Introduciendo las variables apropiadas, este modelo indica a los técnicos y políticos qué superficies se deben enverdecer para obtener mayor influencia sobre el medio urbano. La incorporación de vegetación a las fachadas y las cubiertas serviría en este supuesto como puente que comunica las zonas verdes existentes, siendo necesario contemplar todas las variables a la hora de escoger un edificio, como la viabilidad de la reforma, el coste, la adecuabilidad de la estructura y otros factores que se verán más adelante. En principio sería preferible enverdecer

edificios públicos, naves industriales, garajes, oficinas... Con suficientes superficies enverdecidas sería de esperar una clara mejora en el clima urbano, aunque éste no puede ser demostrado en la práctica, ya que hablamos únicamente de modelos.

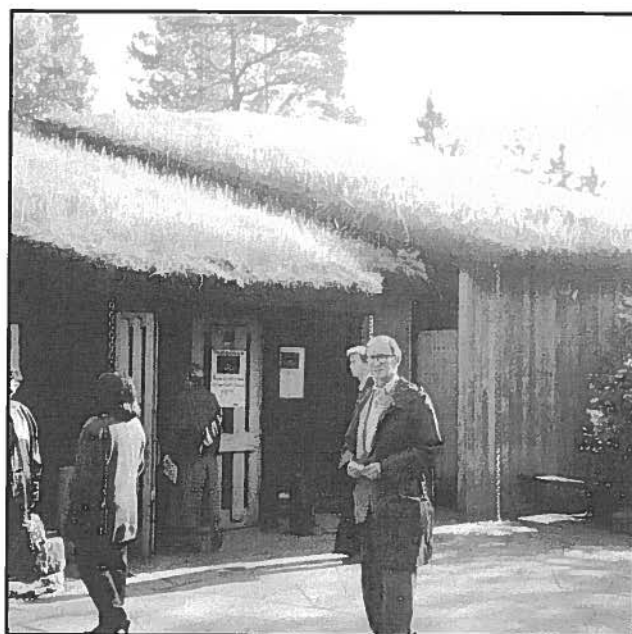
En este contexto cabría explicar la diferenciación aceptada actualmente como **enverdecimiento extensivo** y **enverdecimiento intensivo**. Un **enverdecimiento intensivo** se parecería más a una jardinería tradicional, que de hecho se practica con mucha frecuencia en las terrazas de las ciudades españolas, donde se colocan jardineras en los puntos de la terraza que soporten mayor carga y se emplean plantas leñosas con sistema radicular profundo, con grandes necesidades de abonado, riego y poda, y tiene finalidad ornamental. Para aplicar este tipo de ajardinamiento la cubierta del edificio debe estar preparada para soportar cargas elevadas.

En el **enverdecimiento extensivo** se emplea una vegetación de escasos requerimientos, resultando la capa vegetal una pradera de especies resistentes, con bajo espesor de sustrato y sistema radicular superficial. Resulta obvio que el enverdecimiento que nos ocupa en este contexto es el extensivo, y en adelante nos referiremos exclusivamente a esta modalidad.

El **enverdecimiento extensivo** de superficies parte en principio de una tecnología importada desde zonas más húmedas, como ya se ha indicado, de Alemania. Ha sido traducido en los últimos años al castellano de varias formas: naturación extensiva, cubiertas ecológicas o ajardinadas, tejado, terraza o azotea verde, renaturación, reverdecimiento... En cualquier caso deberá reunir, según



Una Opuntia espontánea aprovecha el canalón en la estación de tren de Balsicas, Murcia (foto de la autora).



Cubierta inclinada con pradera, imitando una técnica de construcción medieval propia de países escandinavos (foto de la autora).

esta nueva perspectiva, las siguientes condiciones fundamentales:

- que el mantenimiento sea mínimo: fertilización, riego, poda, etc., lo que implica la utilización de especies resistentes, adaptadas al clima, y de poco desarrollo;

- que cualquier edificio pueda ser susceptible en principio de enverdecimiento, es decir, que la sobrecarga sea mínima;

- que el coste a largo plazo sea igual o menor que en el caso de una cubierta tradicional, para asegurar que esta tecnología es viable económicamente.

En los planes urbanísticos de muchas ciudades alemanas ya se contempla y se efectúa esta alternativa de la construcción.

Como sucede siempre que se importa una tecnología, es necesario que ésta sea adaptada a las condiciones propias de cada zona. Las especies vegetales, los materiales de construcción, la técnica de cultivo, etc. deben ser modificados según la ciudad en la que se plantee la naturación, ya que de lo contrario pierde el sentido que se busca. Actualmente existen proyectos de investigación en diferentes universidades del mundo (México, Berlín, Atenas, Madrid) que tratan de poner a punto la tecnología del enverdecimiento extensivo adecuada para cada ciudad. En este aspecto, el tema que más nos preocupa en España es la necesidad del riego, y lo mencionaremos varias veces en las páginas que siguen.

En las ciudades españolas se encuentran infinidad de ejemplos de «enverdecimiento horizontal» (cubiertas) y

«vertical» (balcones, fachadas, taludes, muros anti-ruidos). Son ejemplos de las posibilidades que tiene la naturación urbana en nuestro país, y en muchos casos indican qué especies y qué técnica serán las que resistan las adversidades de cada ciudad.

Aspectos técnicos de la cubierta verde

Como se acaba de señalar, las cubiertas verdes responden en principio a un modelo importado que será necesario adaptar a las condiciones climatológicas de cada zona.

Aunque se investiguen diferentes sustratos de cultivo, materiales, especies vegetales y técnicas de mantenimiento, la cubierta vegetal sigue esencialmente un esquema básico. Resulta evidente que el modelo admite multitud de variantes, dependiendo sobre todo del presupuesto disponible. Lo que se intenta en la «naturación» es sin embargo, minimizar inversiones y mantenimiento, con el fin de que una cubierta verde pueda sustituir prácticamente a una tradicional.

El siguiente esquema general para enverdecimiento extensivo se detalla de abajo a arriba, y se sitúa sobre el soporte de la cubierta, ya sea de hormigón, de placas aislantes o mortero.

1. Impermeabilización:

- Protección antirraíz (opcional).
- Impermeabilizante.
- Protección (opcional).



Cubierta verde en Berlín (foto de la autora).



Cubierta verde en Berlín, detalle. El Sedum adopta un bonito color rojo (foto de la autora).

2. Drenaje.
3. Separación de fieltro.
4. Sustrato.
5. Vegetación.
6. Mulching (opcional).
7. Riego (opcional).

A continuación se explica brevemente y de forma general cada una de estas capas:

1. Impermeabilización.

La capa de impermeabilización impide que el agua llegue al interior del edificio. Normalmente la capa impermeabilizante sufre mucho en zonas con fuerte insolación, ya que las temperaturas en la cubierta cambian bruscamente del día a la noche y de verano a invierno, sobre todo en las zonas de clima continental. Una de las ventajas del enverdecimiento será precisamente proteger esta capa de los cambios de temperatura, lo que hará que dure en buenas condiciones mucho más tiempo.

La impermeabilización puede ser con material de PVC o bituminoso. Actualmente existe una fuerte polémica de tipo ecologista en torno a los materiales constituidos principalmente por PVC. En España se siguen utilizando los materiales bituminosos de forma mayoritaria, modificados o no con elastómeros, y existe una amplia gama de precios, características y calidades. La tendencia a impermeabilizar con membranas de PVC es claramente ascendente, debido a las muchas ventajas que ofrece, existiendo también diferentes calidades y precios.

Es muy importante colocar la lámina impermeabilizante de una forma correcta, sobre todo en las esquinas, bajantes, etc.

Actualmente existen impermeabilizantes que ya están probados como antirraíz, de forma que no siempre es necesario incluir una capa antirraíz específicamente. Aunque el tipo de vegetación que nos ocupa no es leñosa, sí puede darse el caso de perforación de la cubierta por las raíces de las plantas, por lo que se recomienda utilizar siempre membranas que incluyan estas características. En caso de cubiertas horizontales puede existir encharcamiento que provoque la aparición de microorganismos dañinos para la impermeabilización, de forma que se recomienda usar también materiales resistentes al ataque de microorganismos.

Existe un tipo de cubiertas (cubierta invertida), donde el aislamiento térmico se coloca por encima de la membrana impermeabilizante. En este caso, deberá incluirse una capa separadora antipunzonante entre el aislamiento térmico y la capa de drenaje, sobre todo si el material drenante es de áridos, con el fin de proteger dicho aislamiento.

2. Capa de drenaje.

Encima de la capa impermeabilizante se encuentra el agua que estará a disposición de las plantas. En el caso de climas húmedos es preferible emplear materiales drenantes

que permitan al agua fluir libremente hacia las bajantes y evitar su acumulación en la cubierta. En zonas secas sería conveniente buscar materiales que retengan el agua, de forma que la cubierta se conserve húmeda más tiempo.

El drenaje puede estar formado por materiales muy diversos: arcilla expandida, grava, arena, picón, de desecho de la construcción, como por ejemplo ladrillos rotos, mallas de alambre para drenaje, planchas de gomaespuma, de hormigón polimerizado, de plástico, geodrenes, geocompuestos...

3. Separación de fieltro.

La función de esta capa es filtrante, impidiendo que las partículas finas del sustrato pasen al drenaje y modifiquen las propiedades físicas de éste, ya que el agua debe circular libremente por la capa drenante y tener salida a las bajantes del edificio. Se utiliza un fieltro de poliéster no tejido que suele llamarse fieltro geotextil, y se emplea mucho en construcción para separar unas capas de la cubierta de otras, proteger las membranas durante la obra, etc.

Se coloca inmediatamente por encima de la capa de drenaje. En ocasiones se puede prescindir de esta capa si la distribución de partículas en la capa de tierra es conveniente y no existe posibilidad de obturación o compactación.

4. Sustrato de cultivo.

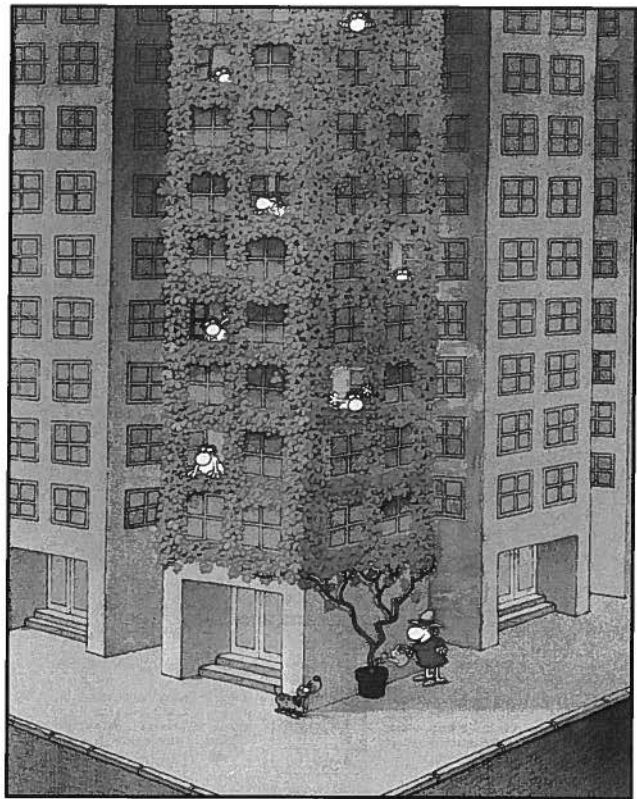
Es la capa en la que se desarrolla la vegetación y debe adaptarse a ésta y a las condiciones atmosféricas. Debería reunir las siguientes características (Guerrero, Moliner y Masaguer, 1994):

- Baja densidad aparente (<0,45 g/cc).
- Alto poder retentivo de agua.
- Permeabilidad suficiente, buena porosidad (>85%).
- Estabilidad estructural suficiente.
- Cohesión de las partículas tras sequía, que se moje con facilidad.
- Contenido apropiado de nutrientes.
- Valor de pH y CE apropiado para la vegetación.
- Relación C/N óptima.
- Buena capacidad de intercambio catiónico (aprox. 50 meq/100g).

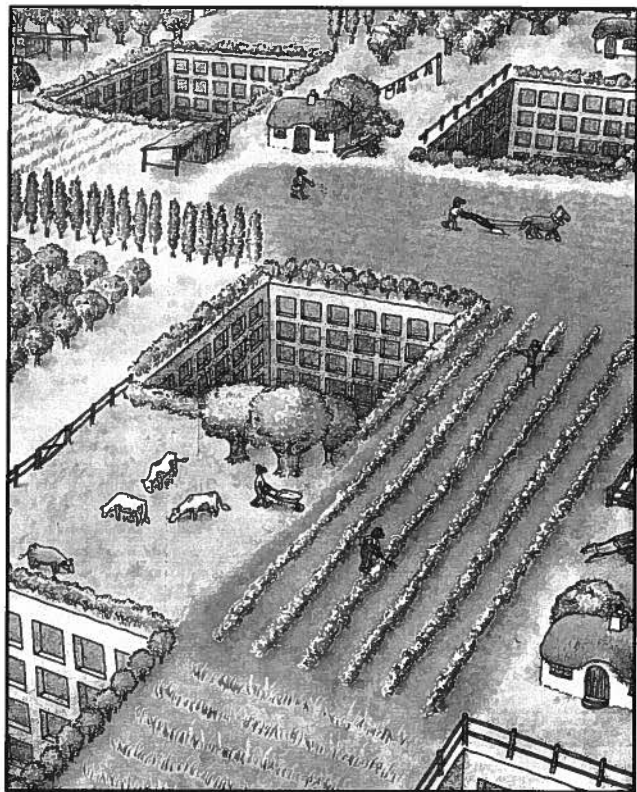
5. Especies vegetales.

Deben ser especies vivaces herbáceas resistentes a las condiciones atmosféricas de la ciudad que se trate. No interesa un sistema radicular muy desarrollado, ya que se podría dañar la cubierta, y las especies de gran desarrollo vegetativo implicarían la necesidad de podar, lo que complicaría el mantenimiento. También deben ser duraderas, reproducirse fácilmente, ya sea por esqueje o autosiembra, para garantizar la perpetuidad de la cubierta vegetal por sí misma. Es conveniente emplear especies tapizantes o con facilidad para cubrir el suelo. Si añadimos a estas premisas la adaptación al clima de cada zona, veremos que no resulta sencillo encontrar especies idóneas.

En general se puede afirmar que las condiciones a las que se verá expuesta la planta en las cubiertas de nuestras ciudades serán extremas: alta insolación, cambio brusco de temperaturas, falta de agua, escasa reserva hídrica y poco



Chiste de Mordillo donde se representa un «enverdecimiento intensivo vertical» (de «El País Semanal», Oli-Verlag, 1991).



Chiste aludiendo a un enverdecimiento horizontal (Stan Eales, 1991, Grup Street, London/Ediciones S.M., 1992).



Foto tomada en la cubierta de la Casa de Brasil, Madrid, donde el *Sedum* sobrevive desde hace muchos años.



Ejemplo de «enverdecimiento vertical» en Madrid. Existe una importante tradición de balcones con vegetación (foto de la autora).

espacio para las raíces. En ciudades de climas más suaves, como es el caso de la zona mediterránea o litoral atlántico, el abanico de especies posibles se amplía, pudiendo utilizar plantas crasas resistentes a la sequía que en climas continentales correrían el riesgo de helarse, como es el caso de los géneros *Carpobrotus* o *Mesembryanthemum*. Aunque muchas especies de las Aizoáceas pueden encontrarse todavía clasificadas como género *Mesembryanthemum*, se proponen en este punto para climas suaves o del litoral los géneros *Lampranthus*, *Cheiridopsis*, *Othonna* (*O. crassifolia* Harv.) y *Delosperma*. La *Delosperma deschampsii* en concreto soporta además temperaturas muy bajas, y se ha cultivado en una terraza de Madrid.

Las características de las plantas crasas favorecen su resistencia a la sequía, lo que no significa que necesariamente soporten el frío, más bien al contrario. En zonas más frías deberíamos buscar plantas originarias de zonas alpinas, como las utilizadas en jardinería para rocalla.

En muchos tejados de la geografía española existen plantas espontáneas que crecen entre las tejas y que suelen ser especies del género *Sedum* y *Sempervivum*. Estas plantas se desarrollan en la naturaleza en parajes montañosos, sobre las rocas, y sobreviven en verano calcinadas por el sol, y en invierno aparecen cubiertas de hielo y nieve. Las plantas crasas o suculentas en general presentan ventajas importantes para su utilización en el enverdecimiento de cubiertas. En concreto, el *S. album* tiene raíces que llegan solo a 2-3 cm de profundidad y sus hojas son carnosas, cilíndrico-elipsoidales. Están adaptadas al régimen xérico gracias a estas hojas que acumulan agua en sus tejidos. La superficie foliar es baja en relación con el volumen que encierran, y abren los estomas por la noche, de manera que pueden fotosintetizar de día con una transpiración reduci-

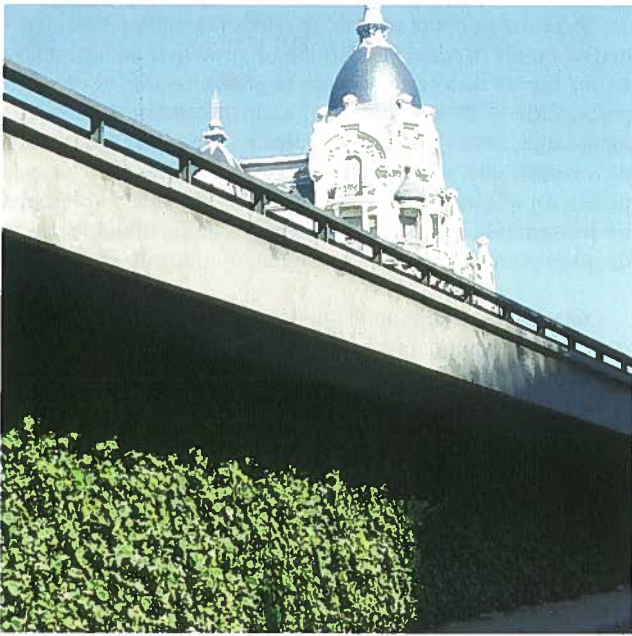
da. Es una especie tremendamente rústica y considerada en jardinería como invasora, que se propaga muy fácilmente por esqueje y produce semillas pequeñas tras florecer en primavera (Gómez Campos, 1994).

Actualmente se están ensayando diversas especies en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, pero se trabaja principalmente con *S. album*, que se ha recogido de zonas en condiciones similares a las de una cubierta, existiendo en este hecho ya un trabajo de selección. Asimismo se investigan los sustratos y las técnicas de cultivo más convenientes. Los resultados, que serían específicos para Madrid, se pueden aplicar a aquellas zonas de España donde las condiciones climáticas sean similares, veranos largos y secos, inviernos fríos, baja pluviometría anual (450 mm), clima marcadamente continental.

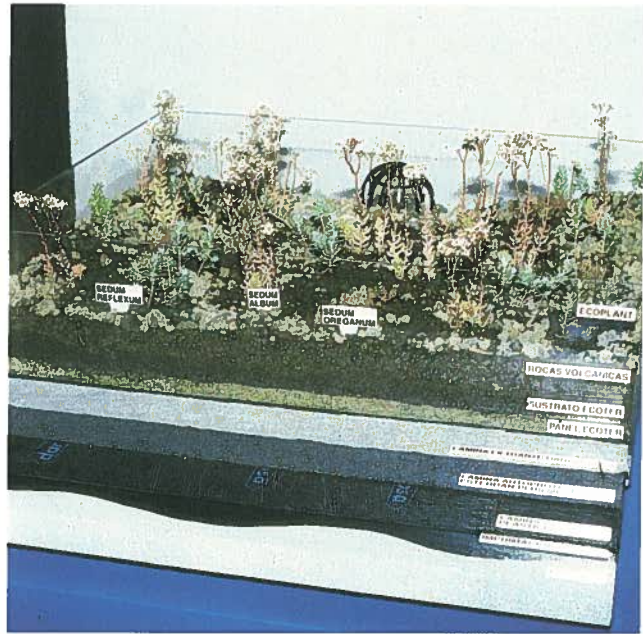
Queremos insistir en este punto sobre la necesidad de unos riegos de apoyo en los meses de verano en la mayoría de las ciudades españolas, incluso utilizando géneros de gran resistencia a la sequía, como el *Sedum*. Añadir, además, que la posibilidad de un mínimo aporte de agua bastará para ampliar el espectro de especies que se pueden plantar en la cubierta. El riego, aunque mínimo, tendría un efecto inmediato sobre el desarrollo de la biomasa, lo que haría la influencia en el clima urbano y el edificio mucho más eficaz, además de las ventajas estéticas que esto aporta, y disminuiría el volumen de masa vegetal seca en los meses de verano.

Otras especies que se están ensayando en Madrid son:

- *Sedum album*
- *Sedum reflexum* o *rupestre*
- *Sedum oreganum*
- *Sempervivum tectorum*



Ejemplo de «enverdecimiento vertical» en Madrid, Plaza de España.



Modelo de cubierta verde donde se distinguen las diferentes capas (foto de la autora).

Gómez Campos (1994 y 1996) propone además otras especies de *Sedum*, como *S. micranthum* Bast., *S. dasyphyllum*, *S. acre* y *S. sediforme* C. Pau, y, si se quiere combinar coloraciones, *S. spurium*, que adopta un color rojizo en los meses fríos, y *S. ochroleucum* Chaix., de tono azulado. El número de especies de *Sedum* que se ofertan en el mercado español actualmente no es muy amplio, por lo que puede haber problemas a la hora de buscar algunas en los viveros.

A continuación se propone una lista de plantas muy resistentes al frío y a la sequía, necesitan suelos pobres y drenados en general, y se plantan a pleno sol. Esta lista es meramente orientativa y se puede ampliar casi indefinidamente. Se suelen emplear en jardinería, pero no están probadas en nuestras latitudes para cubiertas. En cuanto al aporte de agua, tal y como venimos diciendo, estas especies necesitarán riegos de apoyo en períodos secos en la mayoría de las ciudades españolas. Se recomienda una densidad de plantación de 6 a 9 unidades/m², dependiendo del tamaño de la planta.

- *Festuca ovina glauca*. Hierba perenne de hojas aciculares azulado-grisáceas, cubre el suelo en forma de pequeñas matas. Presenta el inconveniente de que desarrolla mucha masa seca según van creciendo nuevas hojas.

- *Koeleria glauca*. Otra gramínea perenne, con inflorescencias en forma de espigas delgadas. El problema en este tipo de plantas son las espigas, que se transformarán en un material muy seco en verano.

- *Holcus mollis*. Hierba perenne rizomatosa, buena tapizante de inflorescencias escasas.

- *Limonium latifolium*. Vivaz de cepa leñosa, su inflorescencia es alta y precisa poda, es muy resistente.

- *Hieracium villosum*. Compuesta adaptada a suelos pobres, las hojas pelosas, plateadas, capullos amarillos tipo diente de león, de diseminación espontánea pero también se propaga por estolones, forma matas.

- *Portulaca grandiflora*. Comúnmente verdolaga, se cultiva por sus flores de colores, es postrada de hojas carnosas, aunque es anual, se resiembra de forma natural. Se ha encontrado como mala hierba en los tejados, incluso en climas muy fríos.

- *Erigeron karvinskianus* o *mucronatus*. Compuesta herbácea perenne, de hojas verdes lanceoladas, se utiliza en rocalla a pleno sol, tapizante.

- *Lewisia* sp. Plantas alpinas con raíces tuberosas, hojas carnosas en roseta, flores vistosas, típicas de rocalla, sugerimos las especies *L. pygmaea* y *L. brachycalyx* por ser vivaces y preferir pleno sol.

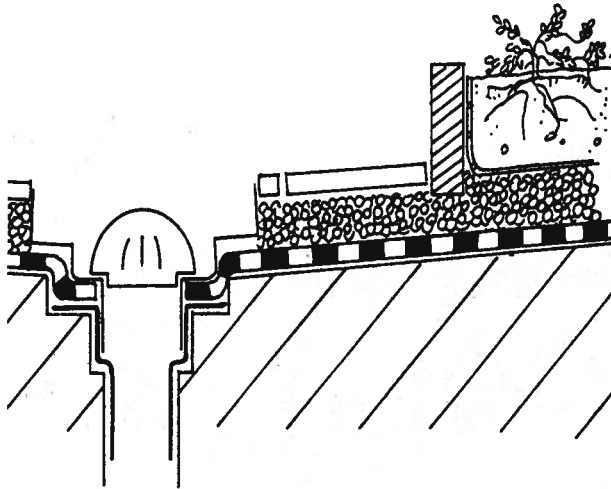
- *Anthemis cupaniana*. Compuesta, hojas grisáceo plateadas perennes, flores parecidas a la manzanilla, tapizante, puede ser invasora en jardinería, se debe cortar la flor.

- *Arenaria montana*. Comúnmente clavel de montaña, forma alfombras musgosas y sus flores son pequeñas, excelente para pedregales y lugares secos, bien drenados, pleno sol.

- *Silene acaulis*. Como la anterior, también cariofilácea, las flores rosadas son casi sésiles sobre las hojas estrechas, formando alfombras densas.

- *Achillea tomentosa*. Es compuesta, tapizante, invasora, y se usa en rocallas; la especie *A. millefolium*, la milenrama, presenta el inconveniente de una flor alta que se debe cortar.

- *Armeria caespitosa* o *juniperifolia*. Almohadilla



Corte transversal de cubierta verde; el agua debe fluir libremente por el drenaje hacia los desagües.

cespitosa, con flores pequeñas rosas, hojas agudas y se propaga fácilmente por división de mata. Otra especie es la *A. maritima*, pero tiene las flores más altas.

- *Thymus serpyllum*. Este tomillo también se llama serpol, es tapizante, de hojas verdegrisáceas, aromático, se propaga fácilmente, es típico de rocalla.

- *Arctostaphylos uva-ursi*. Ericácea autóctona propia de zonas de montaña, suelos pedregosos, tapizante, la gayuba presenta algunas dificultades en su cultivo y propagación, pero sería interesante ensayar su viabilidad para cubiertas.

6. Mulching.

El mulching se utiliza frecuentemente en jardinería para disminuir la velocidad de evaporación del agua retenida en el sustrato. Además puede servir de protección contra la erosión eólica. Se pueden usar materiales de origen volcánico, grava, arena, corteza de pino, en ocasiones se utiliza malla de alambre si la cubierta tiene una suave inclinación. La utilización del mulching es opcional, y en las especies tapizantes puede dificultar el enraizamiento de las ramitas y acodos.

7. Riego

Dependiendo de las condiciones climatológicas de cada ciudad, deberá tomarse una decisión sobre el riego. En ciudades con alta pluviometría y períodos secos cortos se podrá evitar el riego, sobre todo si se emplean plantas resistentes y adaptadas al clima de la zona. En el caso de ciudades con alta humedad relativa del aire, los materiales volcánicos pueden tener un efecto de condensación y aprovechamiento del agua suspendida en la atmósfera, como sucede en las Islas Canarias con el picón.

Si se trata de una ciudad de clima marcadamente continental como Madrid, la dificultad principal se encuentra en los meses de verano, donde la precipitación es casi imperceptible y la evapotranspiración potencial extremadamente alta, como ya hemos indicado. En este caso, el tipo de sustrato que se utilice será crucial para garantizar a la planta un abastecimiento de agua mínimamente tolerable. Se recomienda un sistema de riego de bajo caudal, a través de goteros, manguera con emisores, o cintas de exudación.

Se está investigando asimismo un nuevo tipo de azotea que garantice un suministro de agua continuo a la planta, la «azotea aljibe». Esta azotea tiene la ventaja de disponer de un depósito de agua sobre el edificio, que sirve de aislante gracias a su inercia térmica, y puede ser útil para combatir posibles incendios, tal y como se planteó en la Cámara de Comercio de Barcelona y con más antigüedad, en el depósito de las aguas de dicha ciudad. No se debe olvidar en estos casos que cada cm de altura en la lámina de agua supone una carga de 10 kg/m².

En principio, cualquier cubierta es susceptible de ser enverdecida siempre y cuando las previsiones de carga se cumplan, y se tenga en cuenta qué tipo de cubierta se maneja.

Consideraciones sobre la carga de la cubierta verde

Los materiales que forman la cubierta vegetal van a sustituir un suelo, igual donde se desarrollarán las raíces de las plantas. La resistencia de la cubierta existente es un dato que debe conocerse de antemano, ya que limita la profundidad de este suelo artificial. El peso de éste se puede prever sumando la carga por m² de cada una de las capas que lo constituyen, considerando los materiales con el máximo volumen de agua retenido, para ponernos en el caso más desfavorable y evitar posibles sobrecargas.

El grosor de las capas de sustrato y drenaje determina la carga final. Cuanto más gruesas sean, más reservas hídricas tendrá la cubierta, y más facilidades tendrá la planta para soportar los períodos de sequía. Y, sin embargo, debemos limitar su peso para evitar sobrecargas, por lo que jugamos con estos dos factores. Proponemos que no baje de 10 cm la suma de las dos, y mejor aún si la capa de sustrato alcanza los 10 cm de grosor, 5 cm la de drenaje. En el primer caso será difícil bajar de 120 kg/m², empleando arcilla expandida como drenaje, o de 180 kg/m² si es grava. Cada centímetro añadido de capa de sustrato suponen 13 kg/m² más.

La vegetación que se desarrolle en la cubierta verde tendrá mayor peso a medida que pase el tiempo. Se estima que el *Sedum* puede alcanzar en el caso de un crecimiento óptimo los 10 kg/m² (Liesecke, 1989).

Normalmente, los edificios están calculados para soportar sobrecarga por nieve, viento o para ser transitables, y suelen tener además un margen de seguridad. Dichas so-

brecargas están reguladas por las normas técnicas de edificación y deben respetarse. La sobrecarga por nieve depende de la latitud y altitud de la zona, y suele estar entre 20 y 120 kg/m². La sobrecarga que permite a una azotea ser transitable oscila entre 80 y 100 kg/m². No obstante, hay que tener en cuenta que muchas cubiertas en España están protegidas por una capa de grava o material pesado que tiene una carga considerable, de forma que si se retira se puede tener un margen superior. En la Tabla 1 se adjuntan los pesos orientativos de los materiales más empleados por cada cm de espesor.

Es importante analizar la situación de los desagües, las bajantes, el tipo de aislamiento que tiene la cubierta, estado en que se encuentra, etc.

La Norma Tecnológica de la Edificación que se refiere a cubiertas ajardinadas es la NTE- QAA de 1976, y está pensada para zonas ajardinadas transitables sobre construcciones subterráneas, como aparcamientos o sótanos, con infraestructura preparada para soportar la sobrecarga de una jardinería intensiva con arbolado y profundidad de la tierra vegetal. Las cubiertas bituminosas están reguladas por la NBE QB-90, y por la UNE 104-402. Las láminas de PVC están sujetas a la UNE 104-416. En lo que respecta a las cubiertas verdes extensivas, España carece de una normativa específica, y en el caso de que los proyectos de investigación tengan el éxito esperado, sería necesario hacer una revisión de las Normas Tecnológicas existentes.

Ventajas e inconvenientes del enverdecimiento

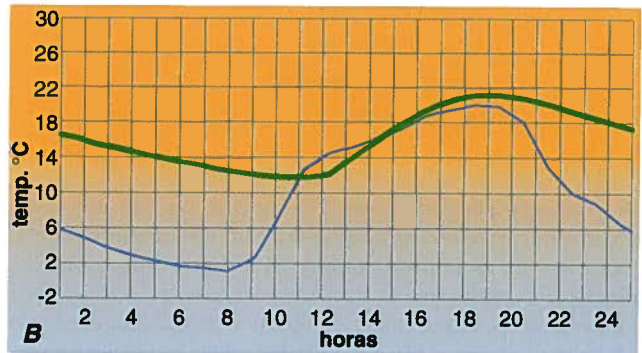
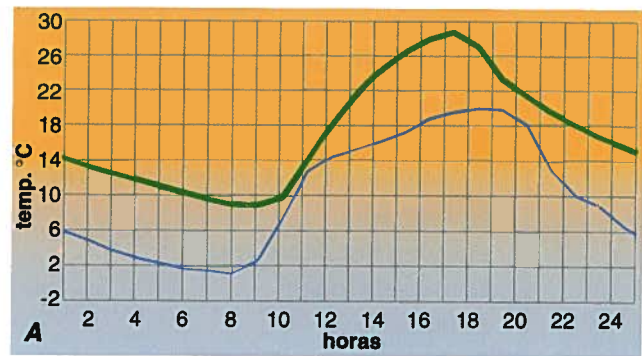
Las ventajas de las terrazas verdes sobre la ciudad y la calidad de vida del ciudadano son las que proporciona la vegetación en este medio. A continuación se citan unas cuantas:

- **La fijación de las partículas sólidas** en suspensión en el aire. La vegetación actúa como filtro en este caso, reduciendo la velocidad del viento, y entonces las partículas se depositan en las hojas de los árboles. Este es, en principio, un proceso meramente pasivo.

- **Mejoran las condiciones climáticas de la ciudad** al actuar como refrigeradores y reguladores del intercambio de aire. Sin embargo, todavía no se sabe con exactitud si las cifras referentes al intercambio iónico con las partículas contaminantes del aire son relevantes, pero sí aumentan la humedad ambiental del aire, lo que influye directamente sobre la temperatura.

- **Disminución de la contaminación acústica**, donde la vegetación actúa como pantalla, siendo más eficaz cuando se trata de absorber ruidos de baja frecuencia. Las vallas cubiertas de vegetación se utilizan de hecho con esta finalidad.

- **Producción de oxígeno**. Es indudable que la actividad vegetal aporta oxígeno a la atmósfera, pero las cifras empíricas no están determinadas. En teoría se puede medir



En 24 horas la temperatura sobre la cubierta tradicional oscila entre 1 °C y 20 °C (mes de marzo). Debajo de la cubierta verde la temperatura oscila menos (8 °C), lo que protege notablemente la membrana impermeabilizante y prolonga su vida útil.

línea verde: temperatura bajo la membrana.
línea azul: temperatura sobre la cubierta.
a. Cubierta tradicional. b. Cubierta verde.



Azotea aljibe, modelo para exposición donde se distingue la capa de agua debajo del drenaje (foto de la autora).

Tabla 1.***Pesos orientativos de los materiales más empleados por cada cm de espesoren la cubierta verde.***

Vegetación (Sedum):	10 kg/m ²
Tierra húmeda:	20 kg/m ² por cm
Sustrato ligero húmedo (turba rubia fibrosa):	10-12 kg/m ² «
Sustrato seco:	4,5-6 kg/m ² «
Sustrato a base de turba negra:	13 kg/m ² «
Grava, arena húmeda:	20 kg/m ² «
Ladrillos rotos:	11 kg/m ² «
Losa drenaje/aislante prefabricada de hormigón poroso:	80 kg/m ² (espesor total)
Arcilla expandida:	5-8 kg/m ² por cm
Aislamiento térmico:	0,3-1,0 kg/m ² por cm
Imperm. bituminoso:	4-12 kg/m ²
Imperm. PVC (mín 1,2 mm):	1,5-2,5 kg/m ²

el oxígeno producido por la planta en su actividad fotosintética, pero es difícil determinar qué proporción utiliza a su vez en la respiración y en la fotorrespiración. Teniendo en cuenta que la actividad de árboles caducifolios en invierno es nula, y baja en otoño y primavera, el efecto global de la vegetación en la ciudad sobre la concentración de oxígeno es inapreciable.

- **Efectos psicológicos:** el color verde, la estética, el efecto tranquilizador sobre las personas sea quizás el más importante de todos. En este contexto, Le Corbusier afirma sobre el árbol («Cuando las catedrales eran blancas»): «...Herramienta preciosa en manos del urbanista. Expresa la más sintética de las fuerzas de la naturaleza. Presencia de la naturaleza en la ciudad, alrededor de nuestro trabajo o de nuestro ocio. Arbol, compañero milenar del hombre».

El enverdecimiento tiene además las siguientes ventajas sobre el edificio:

- **La temperatura debajo de la capa de vegetación se mantiene** mucho más constante que si no hubiera vegetación, con lo que los materiales impermeabilizantes de la cubierta no están sometidos a cambios bruscos de temperatura y su vida útil se prolonga en el tiempo.

- **La capa de vegetación actúa de aislante térmico**, mejorando las condiciones bioclimáticas del interior del edificio, evitando en parte la necesidad de enfriar o calentar las habitaciones.

Ambas ventajas se traducen en rendimientos económicos por el ahorro de materiales y energía que supone a largo plazo.

- **El agua de lluvia** que cae sobre la ciudad fluye normalmente sin obstáculos al alcantarillado y al río más próximo. En su paso, arrastra basura y sustancias contaminantes que dañan seriamente la periferia urbana, e incluso pueden obstruir los desagües y las canalizaciones. El sustrato vegetal actúa como esponja y filtro, disminuyendo la velocidad del agua, y mejorando su calidad cuando se vierte en los desagües, en lugar de perderse de forma rápi-

da. De esta forma se libera una parte de nuevo a la atmósfera en incremento de la humedad del aire. En apartados anteriores se ha hablado de biotopo, que es el conjunto de los seres vivos que conviven en un espacio.

En países con una conciencia ecológica más acentuada, la presencia de insectos y mamíferos en la cercanía del hogar supone una experiencia de contacto con la naturaleza más o menos gratificante, pero no sucede igual en España. De hecho, lo que en Alemania puede ser una ventaja, aquí se contempla como una molestia y un argumento para los detractores de la vegetación urbana.

El enverdecimiento de cubiertas puede tener inconvenientes que no se pueden ignorar.

Para no sobrecargar la estructura de los edificios, el enverdecimiento extensivo prevé una capa de sustrato de cultivo relativamente delgada, de forma que las especies que se desarrollan son preferentemente herbáceas y sin posibilidad de un gran desarrollo radicular. La poca disponibilidad de suelo impide que se acumulen reservas de agua sobre la cubierta. Por este motivo será necesario incluir un sistema de riego por goteo para paliar los efectos de la sequía estival en la mayoría de las ciudades españolas, tal y como se ha indicado. En tal caso las operaciones de mantenimiento ya no son mínimas.

Además, durante los meses de verano muchas ciudades españolas sufren un importante aumento de la temperatura a la vez que fuerte insolación, lo que aporta el peligro de incendio, sobre todo si existen materiales orgánicos secos sobre los edificios. La Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/91 propone mantener unas distancias específicas entre cubiertas y ventanas, aleros, claraboyas, etc. del edificio, para evitar la propagación del fuego al interior en caso de incendio. También obliga a usar materiales no inflamables, pero, al igual que en el resto de la Norma, no se prevé la cubierta vegetal.

Las condiciones climáticas extremas de muchas ciudades provocan en la vegetación paradas invernales y estiva-

les. Cabe plantearse la influencia sobre el ambiente de una capa de vegetación que pasará gran parte del tiempo con actividad fisiológica baja, debido ya al frío del invierno o bien a la sequía del verano, períodos en los que esta capa estará medio seca y con todos los estomas cerrados para poder soportar las condiciones adversas.

Problemática

Por desgracia, apenas existen datos fiables sobre la influencia real de la vegetación sobre el bioclima urbano, debido en parte a la dificultad de aislar parámetros, ya que sobre la contaminación urbana actúan multitud de factores difíciles de prever y controlar. Existen modelos en ordenador que imitan las condiciones de la ciudad, pero todavía es imposible hablar de cifras reales. También se está estudiando mediante sensores y un software específico el comportamiento de la cubierta verde en relación con el edificio, sobre todo su influencia en la temperatura (Navas, García, Durán, 1997).

Al mismo tiempo no se puede dar una receta de enverdecimiento en general, sino que debería estudiarse la forma más conveniente de abordarlo en cada ciudad. Como ya se ha dicho, existe un gran campo de investigación en este sentido relacionado con la xerojardinería.

El enverdecimiento de cubiertas puede y debe usarse para aumentar la superficie vegetal y paliar con ello los defectos de una mala planificación urbanística, pero no sustituye en ningún caso a la vegetación a pie de tierra, donde un desarrollo radicular conveniente de especies arbustivas y arbóreas permite a las plantas soportar períodos de sequía, heladas y viento y donde tienen una influencia demostrada en el medio ambiente urbano. Queremos llamar una vez más la atención a los responsables de planes urbanísticos sobre la necesidad de las zonas verdes y su cuidado. Ambas formas de cultivo se deben complementar con la única finalidad de mejorar la calidad de vida de los sufridos habitantes de las metrópolis. ◀

Bibliografía

Bertrand, A. 1959. *Plantes grasses. La maison rustique*, Paris.

Gómez, C. y Gómez, L., 1996. *Especies vegetales en las azoteas verdes*. Revista agropecuaria Agricultura, dic. 1996. (ISSN:0002-1334-1029).

González, E. 1995. *Cubiertas verdes en Madrid*. Revista agropecuaria Agricultura, núm. 761, dic. 1995. (ISSN:0002-1334-1028).

Guerrero, F., A. Moliner y A. Masaguer. 1994. *Parámetros de calidad en snelos artificiales*. Revista agropecuaria Agricultura, dic. 1994. (ISSN:0002-1334-1043).

Heydemann, B. 1983. *Vorschlag für ein Biotopschutzkonzept am Beispiel Schleswig-Holstein*. Schriftenreihe des deutschen Rates für Landespflanze 41, 95-103. República Federal de Alemania.

Hoffmann, Ot. 1987. *Handbuch für begrünte und genutzte Dächer*. Verlagsanstalt Alexander Koch. Leinfelden-Echterdingen, República Federal de Alemania.

Liesecke, H-J. y B. Krupka. 1989. *Grundlagen der Dachbegrünung*. Patzer Verlag, Berlin, República Federal de Alemania.

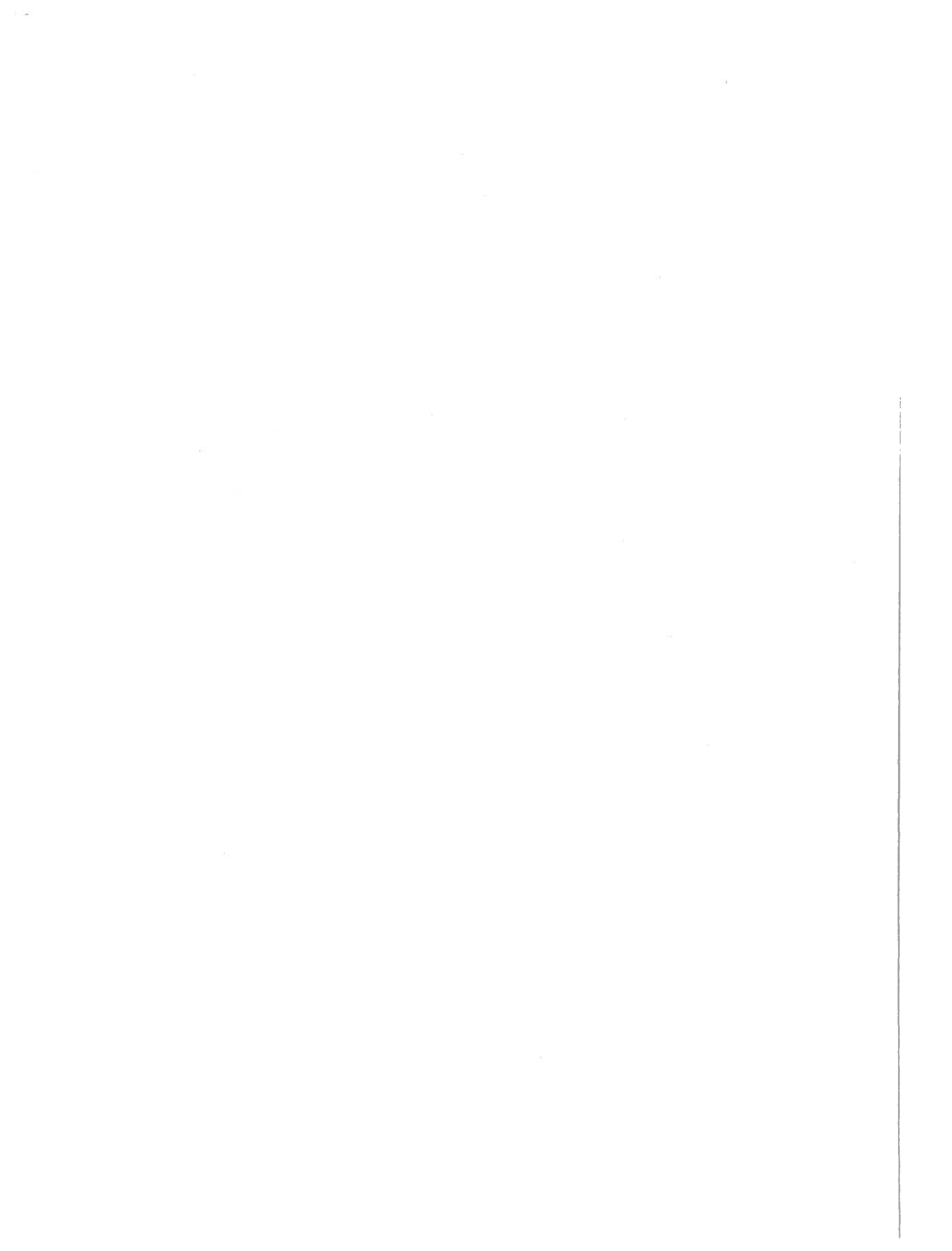
Navas, L.M., F. García y J.M. Durán. 1997. *Design of a monitoring and data analysis system for experimental ecological roofs*. Actas del congreso de Madrid, abril 1997: Measurements and Modelling in Environmental Pollution MMEP 97.

Navés, F. y Viñas. 1982. *El árbol en jardinería y paisajismo*. Editorial Omega.

Sukopp, H. y P. Werner. 1991. *Naturaleza en las ciudades*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas. (ISBN 84-7433-781-X)

Wright, M. 1986. *Manual de plantas de jardín*. Ediciones del Serbal, Barcelona.

Zimmermann, A. 1962. *Jardins alpins. La maison rustique*, Paris.



Jardín Mediterráneo

El jardín tradicional Mediterráneo y su papel en el ahorro de agua

Consuelo Martínez-Correcher y Gil (*)

► Cultura mediterránea

Cuando se trata de jardín Mediterráneo se aluden fundamentalmente dos conceptos: el jardín como creación humana, medio transmisor de sus ideales, y la cultura, conjunto de creencias y costumbres, de hallazgos y renunciaciones, que desde milenios se ha transmitido de parte a parte y alrededor de un mar, encerrado entre sus costas, un mar buen conductor de un fluido electrificante que ha vivificado a los pueblos asomados a sus orillas y al que tantos con grandes temores como esperanzas, se confiaron a sus corrientes, donde se ha forjado con su sol y se ha templado en su agua, el mayor saber del mundo antiguo, si se exceptúa China. El mundo occidental es un logro Mediterráneo y no nórdico. Un saber en el que participan, el sur del continente europeo, largamente bañado en el Mediterráneo en su máximo parámetro longitudinal, un recodo para el continente asiático, donde se produce un verdadero remolino de tendencias, donde vierten lejanas pero enriquecedoras influencias orientales, y nuevamente otra larga sección costera esta vez del continente africano, franja de anclaje y transmisión, hasta casi cerrar con los bordes europeos, en ese estrecho paso abierto por donde el Mediterráneo es un

verdadero mar, el punto geográfico más occidental, sin más allá durante siglos, hasta ser la salida posteriormente para la expansión universal del concepto occidental, al encuentro de nuevas tierras y para la formación de nuevos mundos, gracias a la cultura mediterránea, lo que tampoco fue un logro nórdico.

Todo ese caldo de cultivo, decantado, destilado, a través de milenios y filtrado por los diferentes y diversos grupos étnicos que han circundado de antiguo el mar Mediterráneo, es la cultura mediterránea, esencialmente rica en ideas, antes y por encima de los intereses económicos. La palabra cultura tiene su más profundo origen en la acción por la que el hombre rinde fértil la tierra con su esfuerzo, con su experiencia pragmática, de donde ha obtenido su sabiduría y sus resultados más remotos; el sentido de esta palabra tiene su raíz en la acción de cultivar o practicar algo y de honrar o rendir culto. En ese ancestral inicio, viene el agradecimiento por las expectativas, la veneración a las fuerzas tectónicas y a los poderes sobrenaturales, de donde, su superioridad, su preeminencia, sobre el término civilización, relativo a lo civil, perteneciente a la ciudad, aunque en muchas situaciones estén unidas y se complementen. Del poso cultural depositado pau-

(*) *Consuelo Martínez-Correcher y Gil: Arquitecto-Paisajista. Profesora titular de Historia del Jardín en la Escuela de Jardinería y Paisajismo Castillo de Batres desde 1976. Ha impartido clases de Historia del Jardín y de Restauración de Jardines Históricos en las siguientes universidades y centros: Complutense de Madrid, Politécnica de Cataluña, Complutense de Alcalá de Henares, Universidad de Salamanca, Universidad de Valencia, Universidad de la Rábida de Huelva, Universidad de León, Menéndez Pelayo de La Coruña, Popular de Aranjuez, Capacitación Agraria de San Fernando de Henares, Villaviciosa de Odón, Palma del Río, Escuela Municipal de Jardinería del Ayuntamiento de Valencia y Real Jardín Botánico de Madrid. Autora de «Gardens of Spain». Abrams. Nueva York 1993. Colaboradora de «Gardens of Europe». Hob House-Taylor. Autora de «Spanische Gärten» DVA 1997 Stuttgart. Revistas en las que ha colaborado: Reales Sitios, Zona Verde, Temas de Arquitectura, Hispania Nostra, Parjap, Nueva Revista y otras. Investigaciones y Proyectos en los que ha colaborado o realizado: Real Jardín Botánico de Madrid, Los Mártires de Granada, Palacio de Boadilla del Monte, Señorío de Bertiz, El Bosque de Béjar, El Príncipe de Aranjuez, El Palacio de Palhava de Lisboa, La Argujuela de Abajo de Cáceres, Convento de la Coria de Trujillo, Real Alcázar de Sevilla. Ha sido fundadora, Presidente y Miembro de Honor de la Sociedad de Amigos del Real Jardín Botánico y Presidente del Instituto de Estudios de Jardinería y Arte Paisajista.*



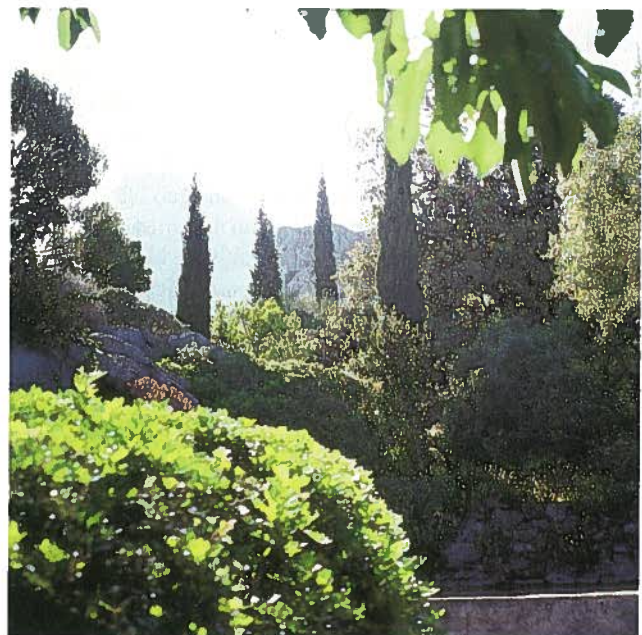
*Casa de A. Zóbel. Bosque de alcornoques. Cádiz.
Autor: A. Zóbel.*



*El Romeral de San Marcos. Sotobosque de lirios.
Segovia. Autor: L. Silva.*



*El Romeral de San Marcos. Perspectiva de camino con canal
de agua. Segovia. Autor: L. Silva.*



*Templo del dios lunar de Ur, siglo VI a.C.
(extraído del Summa Artis).*

latinamente se formó la tradición, un amasijo, una pomada mágica, con muchos componentes cuyo origen muchas veces se ha olvidado o se ha perdido, y de la que no se puede prescindir, aunque en ocasiones, y hasta en períodos se niegue, inútilmente porque es parte consustancial de las generaciones humanas.

Influjo climático y estética

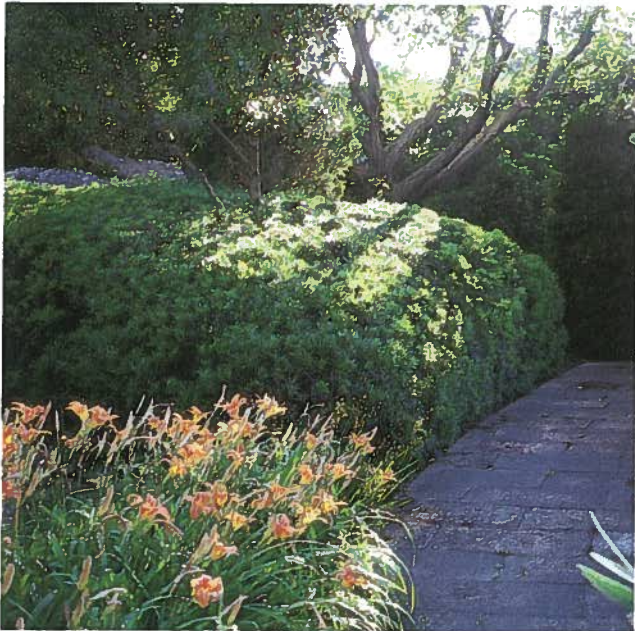
Lo Mediterráneo, además de lo cultural de universal transcendencia, conlleva indudablemente unas características climáticas dependientes de su situación geográfica, aunque no le sean exclusivas y se puedan encontrar en



Fundación Juan March. Arriates de romero. Madrid. Autor: C. M. Correcher.



Casa privada. Setos de boj y bolas de lavanda. Costa del Sol. Autor: Russell Page.



Torre de Ariant. Camino bajo cobertura arbórea. Pollensa. Autor: H. Gildemeister.



Convento de la Coria. Mesas de Lonicera nitida. Trujillo. Autor: C. M. Correcher.

otras latitudes por encima del Trópico de Cáncer o por debajo del de Capricornio. Consecuencia de estas condiciones climáticas son ciertas circunstancias en las que se han movido los múltiples pueblos ribereños del Mediterráneo y algunos más alejados y sin embargo comprometidos en una común evolución. Los diferentes pobladores fueron

capaces de adaptarse y de transformar esas condiciones naturales con tres fuerzas, la física, la intelectual y la espiritual, condensadas en la cultura mediterránea.

De idéntico modo el jardín tradicional Mediterráneo es la unidad compuesta de elementos múltiples, de orígenes

diversos, acoplados ya indisolublemente, donde todo ha sido probado para su permanencia en un conjunto de contenido pleno, esta selección, dota al jardín tradicional Mediterráneo de una seguridad de medios expresada a través de su austeridad formal, revelada en serenidad y armonía, bases de su belleza, e insondable contenido que es su factor de permanencia temporal.

La cultura mediterránea se forjó mediante la lucha frente a las adversidades, en el caso del jardín y anteriormente en sentido cronológico en el huerto. En el jardín Mediterráneo se encuentran representadas las tradiciones de los pueblos allí asentados desde tiempos pasados. En la búsqueda de una mejora de vida surcaron, de manera pacífica o bélica el mar, en lo que prevaleció una trayectoria marítima de Este a Oeste, hasta donde no se podía llegar más allá, la península más occidental, donde refluieron y se remansaron la mayoría de las tradiciones mediterráneas y donde finalmente cristalizó una estética simple en la forma y compleja en el contenido. El jardín Mediterráneo tiene en España - península ibérica e islas mediterráneas, posteriormente legada a las atlánticas - una tradición consolidada más allá, conviene siempre insistir en ello, de parámetros climatológicos estrictamente mediterráneos, marcada por la impronta cultural. España es la tierra que recibió más número de culturas y de etnias, donde no sólo se superpusieron sino que además se fusionaron y donde permanecen y se encuentran las composiciones jardinísticas más reveladoras de orígenes lejanos y diversos, lo que se conoce mediante el análisis de sus elementos compositivos y de sus significados. Ese jardín tradicional Mediterráneo es un conjunto unificado que no traiciona ni reniega de todo lo que lo conforma, tanto de carácter antrópico como biótico.

Estructura y elementos compositivos

El jardín tradicional Mediterráneo, y por tanto su ejemplo por excelencia el jardín de España, es un jardín murado, lo que le libraría de peligros, entre otros de la agresión del viento y de la desecación que provoca. Condición específica del clima Mediterráneo, más que la escasez de lluvia es la continua presencia de sol. Consecuencia cultural inmediata a esta continuidad es la necesidad de sombra, solución hallada y mantenida desde tierras tan lejanas como Sumeria y conseguida mediante dos fórmulas. La unificación de las copas de los árboles, la cobertura vegetal de un espacio, con la consecuente proyección de sombra, y por elevación formal de alguna planta. La primera lograda por los troncos - elemento natural - y la segunda de manera artificiosa sustituyendo los inexistentes troncos por elementos sustentantes, hasta una altura que permita la permanencia humana bajo esa organización, a modo de toldo, palio o cúpula de frescor. La diferencia entre estos dos procedimientos, en un huerto o en un jardín, es que en el huerto ambas fórmulas tenían - y siguen teniendo - una finalidad de rendimiento práctico: la obtención de frutos como alimento, y en el jardín el fin primordial es la sombra como placer, la sombra como bien poten-

cial, para plantar otras especies y que prosperen gracias a ese microclima, la sombra como estética por el contraste lumínico, y siempre la reducción calórica y la economía hídrica. Desde los más remotos tiempos transmitida por la tradición mediterránea la búsqueda de la sombra fue definitivamente adoptada como una de las constantes del jardín Mediterráneo. Uno de sus primitivos ejemplos, los huertos de palmeras, serán las primeras alineaciones o plantaciones arbóreas que sigan un ritmo compositivo, con o sin alternancia de especies, para lograr una formación boscosa de mayor o menor extensión, y sobre todo, a partir del número creciente de ejemplares un mayor efecto de protección hídrica y calidad del suelo, descontando el posible riego tradicional por inundación, contando con la condensación de humedad formada a causa de la inversión de temperaturas interior - exterior, bajo una determinada cubierta arbórea continua.

El jardín tradicional Mediterráneo es generalmente llano, su común horizontalidad le viene de su remoto origen como huerto, y no en un oasis ni en el calvero de un bosque. Su horizontalidad es igualmente otra constante del jardín tradicional Mediterráneo, sus superficies planas son frecuentemente de carácter artificial, hasta llegar al jardín en terrazas, bancales o paratas, lo que le añade una configuración escalonada y le dota una tridimensionalidad que se originó en Asiria o Mesopotamia, por lo que se añaden al jardín valores arquitectónicos con los muros de contención, que con los de cerramiento, consiguen aumentar las zonas de sombra, frescor y humedad resguardada.

Esta superficie horizontalizada del jardín tradicional Mediterráneo, mantiene también la estética heredada del jardín del antiguo Egipto, un jardín murado, basado en la reiteración de la línea recta en toda su estructura, que fueron los primeros jardines regulares del mundo occidental. Esta regularidad, además de su efecto estético, de su expresión geométrica de orden y sosiego, consigue un reparto equitativo del suelo, que equilibra las necesidades edafohídricas de las raíces, sin consentir abusos o dependencias, lo que se mantiene en jardines tradicionales de otros pueblos mediterráneos. Es escasa la tipología del jardín tradicional en el Mediterráneo, de relieve accidentado y curvilíneo y reparto irregular de la plantación, salvo en algún «temenos» griego como Delfos que siglos más tarde serviría de inspiración al jardín antitradicional Mediterráneo, lo que es indicativo de la riqueza de propuestas de la cultura mediterránea que tenía en sí el germen de su contrario.

El jardín tradicional Mediterráneo es un espacio murado, llano, aterrazado, arquitectónico y boscoso, condiciones que le proporcionan sombra y reducen la evapotranspiración de las plantas. El trazado ordena el espacio con tres elementos de composición diferenciados básicamente por tres materiales: Los caminos, recubiertos de arena o solados de material cerámico poroso, que no necesita riego, que conduce el agua a su interior o a sus bordes, y que dejan respirar la tierra. Los estanques, fuentes, canales, etc, que son portadores de agua y aumentan con la evaporación la humedad ambiente, que favorece a las

plantas que absorben humedad por sus hojas y modera la temperatura, son además elementos tradicionales de origen antiquísimo. Hay imágenes de superficies de aguas en jardines asirios, y para el jardín egipcio fueron elementos imprescindibles, incluso de dimensiones navegables. El Imperio Romano extendió sus realizaciones de ingeniería hidráulica para el acopio de agua en los estanques de las grandes villas o de menor dimensión en los peristilos de las casas privadas, de los que quedan tantos ejemplos en la Península, y han sido modelos tradicionalmente seguidos tanto por la belleza de sus superficies como por su frescor, y de manera especial como espejos reflectantes que duplican imágenes y reflejan la luz. El jardín tradicional Mediterráneo tiene en las superficies estáticas de agua uno de sus más valiosos componentes, gracias a la luz siempre cambiante los juegos espejeantes son infinitos. Es menor la importancia en la tipología mediterránea del agua dinámica, aunque los canales, los chorros provocan una vitalización del espacio con sus destellos y su fluir sonoro, mientras humidifican el aire igualmente.

Áreas de plantación

El tercer grupo lo constituyen las áreas de plantación, cubiertas de organismos vivos, donde el agua de riego tiene toda su importancia. Salvo en espacios muy pequeños como patios, el jardín tradicional Mediterráneo recurre al arbolado como mejor propiciador del efecto reductor del empleo de agua. Dispuestos en alineaciones o a marco real la cobertura arbórea es el mejor protector de las plantas, del suelo y de la economía. El «efecto bosque» evita el calentamiento del suelo, la evaporación de la humedad, de agua de lluvia o de riego y evita el endurecimiento de la tierra. Bajo las copas se creará un corredor de sombra y aire fresco, con mantenimiento de la humedad del suelo y una temperatura templada, condiciones idóneas para la instalación de una capa de plantación compuesta por arbustos o vivaces, que actuarán aumentando los beneficios enumerados, atrapando mediante sus hojas la lluvia o el riego para que escurra al suelo donde su condición líquida hará la tierra muelle -friable- y absorberá el agua que seguirá las raíces en la dirección de su crecimiento subterráneo. La capa de tierra húmeda y protegida por las plantas menores crea un sotobosque de jardín que aún tiene la cobertura superior de las copas de los árboles. Todas estas protecciones horizontales lo serán también en época de heladas, amortiguando sus efectos nocivos. Por último los vientos perjudicarán menos las plantas bien enraizadas y de flexible ramaje, y sobre todo la lluvia no provocará erosión en las tierras, toda pérdida de suelo tiene que ser suplida con mayor gasto hídrico.

Es característica formal del jardín tradicional Mediterráneo, el emparrado, organización espacial que utiliza una planta rastrera, mediante elementos verticales que la alzan, lo que permitirá que corra paralelamente al suelo, en una cota superior. Es un logro privativo de la tradición mediterránea, un triunfo de su estética, lamentablemente caído en desuso - incluso despreciado - a partir de no muy antiguas influencias foráneas, desconocedoras de sus posibilidades

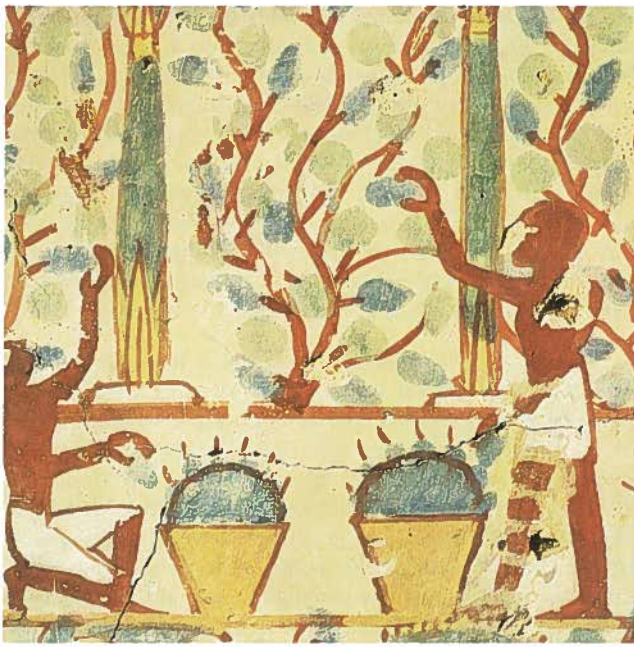
por dificultad de mantener una tradicional formación espacial con una planta de las más simbólicas del Mediterráneo, debido a la hostilidad de sus temperaturas y a que no está en sus raíces culturales. Después de la sombra de formación arbórea, el emparrado ha sido el espacio de permanencia más solicitado hasta llegar a dársele carácter de privilegio. Su costo en agua, como se sabe, es nulo. Antiguos egipcios, griegos y romanos, elevaban las vides no sólo con simples postes, sino utilizando columnas de órdenes arquitectónicos, convirtiéndolos en lugares de paseo o de estancia de extraordinaria comodidad y belleza.

Desde la época romana los jardines mediterráneos se enriquecieron con un tratamiento infligido a las plantas llamado «arte topiario» que se transmitió a otras épocas. En la Edad Media practicado por islámicos y cristianos, retomado con ímpetu en el Renacimiento, el Barroco y el Neoclasicismo, es propio del jardín tradicional Mediterráneo hasta formar parte de su estructura verde, actualmente vuelve a estar comprensiblemente en auge. Las plantas recortadas y compactadas mantienen una sombra densa en su follaje y en su pie cubierto, que defiende en permanencia la planta y sólo necesita un riego reducido, menor cuanto más superficie de suelo ocupen las plantas y que pese a su mala fama en algún sector desconocedor, no requiere más que un perfilado al año.

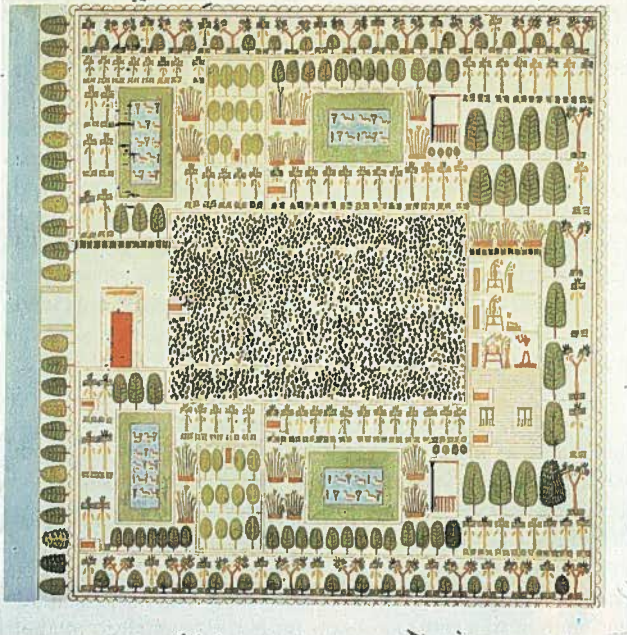
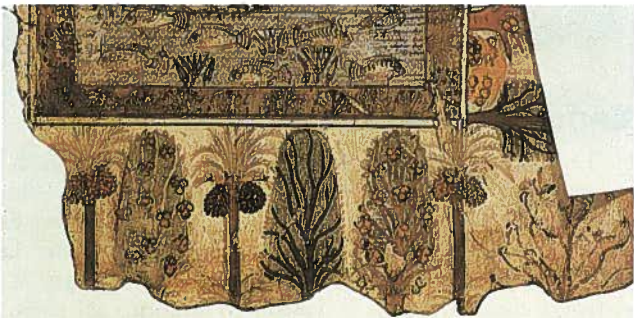
Especies tradicionales

Los árboles pertenecientes a la tradición cultural mediterránea que soportan el soleamiento y la sequía ambiente son, la palmera, la encina, el olivo, el pino, el algarrobo, el ciprés y el plátano, que pierde las hojas para evitar la evapotranspiración y reducir sus necesidades. Son muy resistentes como arbustos el lentisco y el mirto, así como, las aromáticas, que abundan en la cuenca mediterránea y entran muchas en la categoría de xerófilas, sin apartarse del jardín tradicional Mediterráneo. Son importantes en el ahorro de agua las trepadoras que disminuyen en más del 30% la temperatura de los planos y las superficies que las soportan, entre ellas la hiedra y la madreselva. Una de las especies más sobresaliente del jardín Mediterráneo, donde está sólo desde el siglo X, es el naranjo, y una de sus utilidades más espectaculares y en este caso privativa de España, para refrescar y enverdecer muros. El grosor de su tronco y la compacidad de su ramaje recortado cubriendo muros, convierte pequeños recintos en cuartos de verdor y frescor, esencialmente hispánicos.

El jardín tradicional Mediterráneo no es un jardín agobiante ni lujurante plantación, sino de una contenida, parsimoniosa, presencia vegetal, cuyos elementos se protegen unos a otros. Las áreas de plantación están claramente definidas y ocupadas. Los cuadros o cuarteles aunque pueden ocupar extensiones mayoritarias no cubren toda la superficie del jardín y sus especies, aquí brevemente aludidas, tienen una presencia con un comportamiento avalado por milenios y una justificación histórica de lo vivido y lo soñado que constituye la trama invisible pero presente desde el pasado, que se llama tradición, hasta la reciente



Egipto antiguo. Emparrado.



Egipto antiguo. Plano jardín con alineaciones, emparrado, estanques y muro.

incorporación desestabilizadora en los dos últimos siglos, de especies de otras latitudes y estéticas ajenas a nuestras raíces, no siempre en consonancia con una conveniente dinámica económica hídrica, en la banda climática del Mediterráneo.

Estas innovaciones han podido deslumbrar a determinados sectores más admiradores de lo ajeno que de lo propio, sustituyendo jardines racionalmente estructurados, cuidadosamente equilibradas sus superficies, de infinitas variaciones, si se profundiza en el estudio del lugar y de las especies, sin romper ni la tradición, ni la estética, ni lo que es más sorprendente, la ecología, dentro de un marco climático Mediterráneo, por impropias extensiones encespadas, malamente utilizables ni por los pies ni por las posaderas, lo que no parecen partes ni modos que se puedan contraponer ni a la mirada ni a la mente, con los que se debe disfrutar el jardín. Un extenso césped salpicado de árboles aislados es un extraño, antieconómico y antiecológico, un disfraz que oculta la identidad propia de la cultura que ha sido capaz de formar el mundo y dotar a una parte privilegiada, por sus méritos adquiridos duramente, de un jardín donde encontrarse con los dioses, donde las plantas han subsistido hasta nuestros días por su resistencia a las limitaciones y por ser elegidas representantes de símbolos que aún ignorados, son la explicación de la emoción, del impacto perceptible de lo sublime, sencillamente de la belleza. ◀

Bibliografía

Gothein, M. L. 1914. *Geschichte der Gartenkunst*. Verlegt Bei Eugen Diederichs.

Grimal, P. 1954. *L'Art des jardins*. P.U.F.

Grimal, P. 1969. *Les jardins romains*. P.U.F.

Marquesa de Casa Valdés, 1972. *Jardines de España*. Aguilar, Madrid.

Martínez-Correcher, C. 1993. *The Gardens of Spain*. Abrams. New York.

Priego, J. 1925. *Jardinería General Española*. Voluntad.

Rubió y Tudurí, N. 1934. *El Jardín Meridional*. Salvat, Barcelona.

CAPITULO 12

Diseño de jardines eficientes en agua

Mónica Magister Leskovic (*)

► Introducción

La preocupación por el medio ambiente, la disminución de los costes y el mantenimiento reducido son los tópicos que se persiguen en el diseño de xerojardines utilizando, además, plantas de bajo consumo de agua.

Desafortunadamente hay cierta tendencia a asociar los xerojardines con gravas, cactáceas o escasas plantaciones, dando la imagen de un desierto caluroso. Nada más lejos de la realidad. El atractivo potencial de estos paisajes, cuando están bien diseñados, está limitado únicamente por la imaginación. La idea es mantener la belleza sin ser un desierto. Un xerojardín es una balanza equilibrada, donde el uso eficiente de agua en las zonas de vegetación y no vegetación, está claramente compensado y calculado.

La planificación

La planificación del espacio es el primer y más importante paso a realizar en la creación de un jardín eficiente en agua. El xeropaisaje toma forma, dependiendo de las condiciones regionales y microclimáticas del lugar, de la vegetación existente y de las condiciones topográficas, del uso intencionado y deseado del propietario y de la zonificación de las plantas, de acuerdo con sus semejantes necesidades hídricas. El xerojardín debe ser diseñado como complemento a un estilo de vida y a unas actividades. Hay que pensar que el espacio exterior es una prolongación del es-

pacio interior, donde se reflejan aquellas cualidades o actividades del usuario.

Una planificación adecuada, se basa en examinar todas las características del lugar que pueden afectar al diseño del jardín, para entonces identificar las funciones a cumplir.

Estos puntos básicos son los siguientes:

1. Clasificar el tipo de proyecto:
 - Nueva instalación.
 - Rediseño.
2. Estudiar el emplazamiento físico del jardín:
 - Estudio de suelo, composición y estado, análisis y textura.
 - Geología.
 - Topografía, potencial cambio de nivel sin realizar grandes movimientos de tierra.
 - Drenajes.
 - Disponibilidad y calidad del agua.
 - Clima y microclimas.
 - Orientación.
 - Vegetación existente y vegetación circundante.
 - Infraestructura existente: accesos, aparcamientos, abastecimiento de agua, saneamiento, telecomunicaciones, suministro de electricidad.
3. Definir los usuarios del jardín:
 - Público, privado.
 - Grupos.
 - Edades.

(*) Mónica Magister Leskovic: Ingeniero Agrónomo especializada en jardinería y paisajismo por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha ejercido desde 1986 como Técnico de Proyectos y de Mantenimiento, en diversas Empresas de Madrid, Valladolid y Sevilla. Miembro del Departamento de Parques y Jardines de Expo '92. Proyecto de Jardinería y Paisajismo de Isla Mágica, de Sevilla.



Las zonas con mulch se deben contener con bordillos para evitar el esparcimiento del material sobre caminos u otras zonas adyacentes.

4. Establecer la funcionalidad del jardín:

- Uso activo o pasivo.
- Vistas a ocultar o enmarcar.
- Cerramientos: límites abiertos, cerrados.
- Accesos.
- Tráfico, aparcamientos.
- Deportes.
- Juegos.
- Láminas de agua.

5. Definir el estilo paisajístico del jardín:

- Formal, informal.
- Estilo de vivienda.
- Estilo familiar.
- Elementos dominantes de la construcción.

Tras la planificación viene el diseño, que, teniendo en cuenta todos los factores anteriores, deberá permitir realizar la jardinería en varias fases, iniciado con una fase de instalación y varias fases futuras de sucesiva construcción, para minimizar así la inversión inicial.

El diseño

La fase del diseño, comienza con la zonificación del programa de ocupación y uso del jardín, en función del de la vivienda, que viene correspondido con la creación de microclimas. También es aplicable en el caso de edificios, parques públicos, plazas, etc.

Hidrozonas

El término de «hidrozonas» o zonas hídricas, corresponde a la agrupación de plantas con similares requerimientos hídricos, y a la vez, de luminosidad y mantenimiento.

El concepto está en estrecha relación con la interacción del usuario con las diferentes áreas del jardín. Areas con una alta actividad dan lugar a un mayor contacto e interacción con la vegetación, lo que implica un mayor aporte de agua para mantener ese microclima. Areas con menor actividad requieren menos plantaciones, y por tanto, menos riego.

Pese a la definición de zonas, todas las plantas tienen una fase de establecimiento y arraigo, que es importante mantener y respetar, aunque en un principio parezca que el xerojardín ideal no mantiene este aporte continuo de agua inicial.

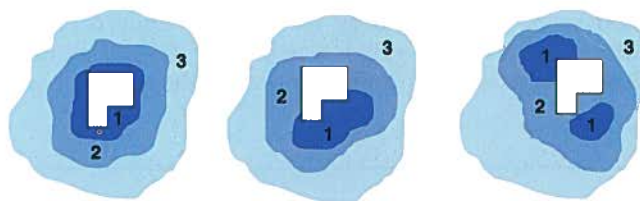
Se pueden encontrar 3 tipos de hidrozonas en un jardín:

1. **Hidrozona principal.** Es el área de mayor actividad humana y por lo tanto, de mayor interacción con el jardín. Se localizan próximas a la vivienda, para dar mayor sensación de frescor, contribuyendo, a su vez, a la refrigeración natural de la vivienda. Este gran área de acceso es a la vez funcional y visualmente importante, donde la gente camina, se sienta, juega, se relaja y toma contacto con la naturaleza que le rodea. A veces se le designa a esta zona como «minioasis», donde prolifera la vegetación y el agua, donde se concentran los efectos de enfriamiento por concentración de plantas de sombra, y por lo tanto, donde existe un mayor consumo de agua. Las áreas de césped únicamente deberán ser incorporadas en el diseño cuando se usan efectivamente como áreas de juego, o tienen una consideración más funcional que decorativa.

2. **Hidrozona secundaria.** Es visualmente importante pero presenta una menor interacción actividad-vegetación, y menor tráfico. Son áreas funcionalmente más pasivas, que sirven para delimitar espacios y diseños. Se corresponde con masas arbustivas, borduras de flores o jardines de bulbos con necesidades medias de agua.

3. **Hidrozona natural o xérica.** La actividad humana rara vez entra en interacción con esta zona. Es la visualmente menos importante. No necesita riego complementario. Incluye plantaciones capaces de sobrevivir sólo con la precipitación natural. Se localizan en zonas de tránsito, retiradas u ocultas, aparcamientos o taludes. Son áreas utilitarias, con plantaciones de autóctonas y mulching.

Zonificación según necesidades de agua:



- 1) Mini-Oasis: Necesidad alta (Riego regular)
- 2) Transición: Necesidad moderada (Riego ocasional)
- 3) Árida: Necesidad baja (sin riego)

Configuración morfológica

Una vez localizados los diferentes espacios, se debe determinar la forma de cada uno. Siempre se tiene que tener una visión espacial del plano y considerar la forma y el tamaño de los distintos elementos.

La mera conjunción de plantaciones y desarrollo no hace un jardín; es fundamental aprovechar la topografía para acentuar los efectos funcionales y decorativos.

Aunque los jardines informales huyen de la simetría, asociada a lo tradicional y al paisaje formal, no por ello se debe evitar un efecto coherente y estable. Las plantas usadas en conjunto con estructuras o pavimentos deberán proveer una sensación visual interesante y de frescor. Variaciones y repeticiones de plantas agrupadas deberán procurar una unidad de diseño donde cada planta cumpla un papel importante. Combinando forma, textura y color de las plantas se crea una diversidad que no está fuera de lugar. El jardín debe ser observado tanto desde el interior como desde el exterior, y debe tener en cuenta la posición del individuo.

Consideraciones del plano:

- Zonas privadas o protegidas del ruido.
- Sombra y conservación de la energía.
- Zonas de ocio y espacios personales.
- Vistas a resaltar.
- Color para acentuar puntos focales.
- Control de erosión.



Al disminuir la densidad de plantación, los grupos parecerán aislados, pudiéndose corregir el efecto visual inicial con un coste extra de mulch.

Microclimas

Los microclimas son una de las razones a tener en cuenta, y que al no ser ciencia exacta, requieren del paisajista la necesidad de tener en cuenta muchas variables simultáneas.

El medio climático viene definido por la temperatura, niveles de humedad, velocidad de los vientos y soleamiento del lugar. Un diseño energéticamente consciente responderá a las variaciones regionales de todos estos factores. En el diseño de jardines, si se tiene en cuenta el aprovechamiento a nuestro favor de alguna de estas fuerzas climáticas, y la protección frente a otras, se disminuirá considerablemente la demanda energética.

Los factores climáticos se pueden manipular mediante sencillas medidas de proyecto, tales como las referentes a un emplazamiento, orientación, construcción del cerramiento y todas las que afecten a la temperatura y a la circulación del aire. Por ejemplo, el viento es un inconveniente para el confort en climas cálidos y secos, donde provoca una mayor evaporación, pero a la vez constituye una ventaja si desempeña el papel de ventilador natural. Las temperaturas nocturnas próximas a la casa no son semejantes a las del exterior, ya que hay un calor radiante de la casa a tener en cuenta.

El microclima juega una parte significativa para localizar una planta en un lugar determinado. Las leves variaciones que podemos manipular marcan la diferencia entre el



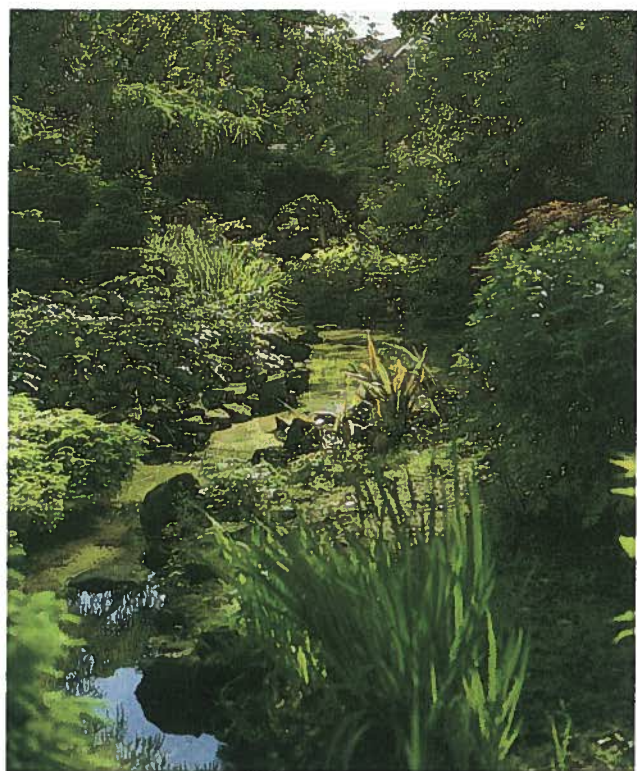
Las zonas de césped se deben diseñar con bordes redondeados en correlación con el área realmente funcional y con el tipo de sistema de riego.



Las plantas usadas en conjunto, con estructuras, pavimentos, etc., deberán proveer una sensación visual interesante, y de frescor.



La aplicación de riegos localizados evita pérdidas por evaporación y percolación.



La introducción de láminas de agua, fuentes, rociadores y plantas desatará un proceso de evaporación que al incrementar la humedad del aire disminuirá al mismo tiempo la temperatura.



Hay que seleccionar las especies de manera que se consiga una agrupación estética de las mismas.



El atractivo potencial de estos paisajes, cuando están bien diseñados, está limitado únicamente por la imaginación.



Aprovecha la topografía del lugar para integrar los elementos de construcción y favorecer las perspectivas, creando a su vez balcones de ahorro de agua sin grandes costes energéticos.

comportamiento pleno de una planta en invierno: helarse o morir. Por ejemplo, una Bouganvillea plantada al sur, minimiza los daños por frío; una palmera Phoenix, plantada frente una valla orientada al sur, reflejando el sol y calor, sufre más que si se localiza en la sombra de la tarde, o también, las lantanas en invierno en el borde de la carretera pierden las hojas, pero frente a una fachada las conservan.

El diseñador puede crear microclimas controlando simples conceptos como son la plantación de árboles de sombra o la creación de pantallas cortavientos. En los jardines privados todo gira en torno a la construcción. Esto se consigue del siguiente modo:

1. Organización de las plantaciones:

- Orientando el edificio sobre el eje longitudinal E-W, para evitar el sobrecalentamiento en verano y permitir en invierno su calefacción solar pasiva.

- Plantando masas verdes dentro y fuera de la casa para incrementar los niveles de humedad y con ellos el confort. Los patios y jardines son lugares idóneos desde los que refrescar la casa.

- Orientando y situando las plantaciones en orden a primar la exposición de la casa al sur y al soleamiento invernal. La fachada orientada al sur debe admitir el sol de invierno, mediante la plantación de árboles de hoja caduca, evitando las especies perennes o setos altos.

- Organizando en el jardín espacios abrigados y soleados para invierno, y ventilados y umbrosos para el verano.

- Separando de la fachada de la casa, todo elemento importante de jardinería, para evitar en ellas la fijación de calor. Un seto espeso o una hiedra de gran porte sobre la fachada de la casa puede retener allí el calor, al impedir la radiación nocturna hacia afuera.

- Evitando los pavimentos claros, que pueden reflejar el calor solar en la casa. Las plantas son recomendables porque dan sombra y humedad.

2. Manipulación de las corrientes direccionales del viento. Cuando diseñamos en un clima Mediterráneo se puede aprovechar el viento para procurar ventilación natural, y refrigeración:

- Ventilación natural. Es importante proyectar el jardín en orden a favorecer la circulación del aire en su interior. Todas las decisiones de proyecto, giran en torno al estudio del régimen estacional de vientos, para la captación de las brisas favorables:

- Aprovechando la orientación para protegernos de los vientos fríos de invierno, utilizando cortavientos.

- Plantando árboles y arbustos, o alzando taludes en el lado más azotado por el viento. Los árboles y las especies vegetales de hoja perenne contribuyen eficazmente a frenar el viento. No debemos situar

plantaciones productoras de humedad sobre el itinerario del viento dominante invernal hacia la casa.

- Canalizando la brisa estival.

- Refrigeración por evaporación. La introducción de láminas de agua, fuentes, rociadores y plantas desatará un proceso de evaporación que, al incrementar la humedad del aire, disminuirá al mismo tiempo la temperatura. Deben protegerse del sol estos sistemas, pues en el proceso evaporativo intentamos utilizar el calor del aire, no el calor solar. Es lo que se conoce como enfriamiento por evaporación. La fuente en el patio constituye un modo tradicional de favorecer la refrigeración por evaporación:

- El diseño de un sistema integral exigirá la combinación de las masas de agua, vegetación y patios dotados de fuentes con el aprovechamiento de los vientos dominantes en verano para lograr una eficaz distribución del aire fresco.

- Situar láminas de agua en el trayecto de la brisa nocturna hacia la casa, que de esta manera se verá refrescada por el aire húmedo captado.

- Ventilar los espacios situados entre la jardinería y las habitaciones de la casa, para controlar la humedad producida por las plantas o estanques de agua.

Elementos de diseño

Vegetación arbórea y arbustiva

La xerojardinería admite la utilización de todo tipo de plantas, siempre y cuando estén adaptadas a las condiciones del lugar. El xerojardín puede ser tan convencional y formal como queramos.

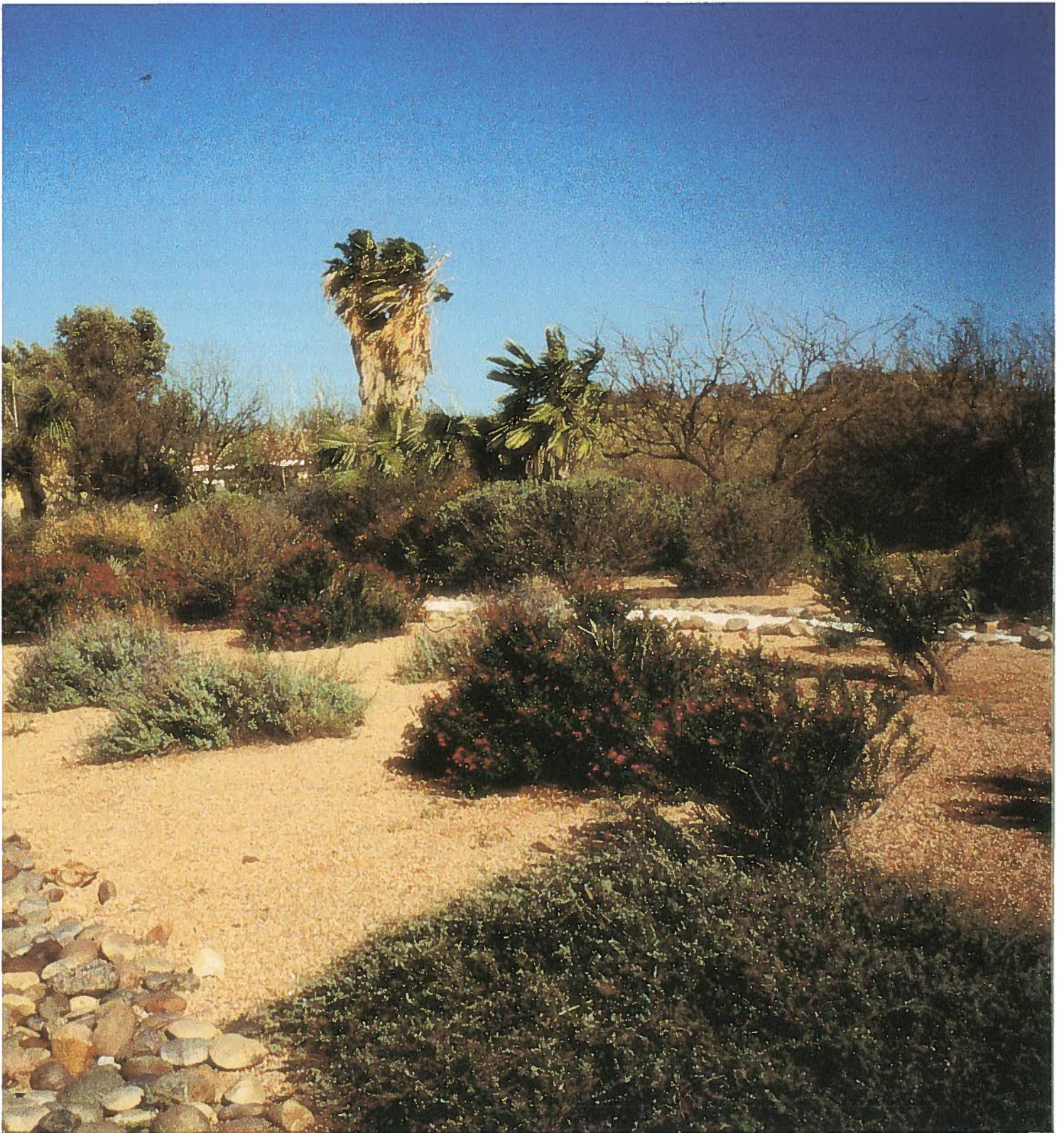
En la selección de especies hay que tener en cuenta:

- Adaptabilidad a la zona en cuestión.
- Características biológicas.
- Características funcionales.
- Crecimiento y desarrollo.
- Color, textura.

Las plantas autóctonas son por excelencia las privilegiadas en xerojardinería, pero funcionan bien siempre que sepamos crear el microclima óptimo en el que viven.

El concepto de uso de autóctonas igual a monotonía está equivocado. El secreto está en lograr un equilibrio entre necesidades de agua y desarrollo, textura y color. Hay que seleccionar las especies de manera que se consiga una agrupación estética de las mismas. Las plantas quedan incluso enriquecidas al colocarlas en un jardín.

Pero «xerojardinería» no significa que debemos utilizar solamente especies autóctonas, ya que existen grupos de



La xerogardinería incluye plantaciones capaces de sobrevivir con la precipitación natural.

plantas que, de modo natural, son eficientes en agua. Las plantas de hábito rastrero o tapizantes sustituyen a los céspedes. La ventaja de la mayoría de estas especies es que permanecen verdes durante gran parte del año requiriendo muy pocos cuidados.

Las plantas más tolerantes a la sequía se pueden colocar en el lado donde existen vientos dominantes del norte y del oeste.

Pautas a seguir en la selección apropiada de plantas

1. Selección de plantas con un mínimo aporte de agua. Todas las plantas deben ser agrupadas en función de las necesidades hídricas y luminosas. Las plantas anuales y exóticas deben ser localizadas en áreas pequeñas y fácilmente accesibles para facilitar y hacer más simple el mantenimiento.

2. Elección de diversidad de especies. Para crear cromatismo e interés durante todo el año es fundamental concentrar pequeñas áreas de color, donde pueden ser mejor apreciadas, próximas a patios o entradas. El color en los accesos mejora las visuales y crea puntos focales. Se puede jugar con el cromatismo del follaje y de las floraciones de larga duración.

3. Funcionalidad de las especies. Elegir las especies en base al efecto a crear:

- Control de erosión en taludes y pequeños bancales. Plantas con buen desarrollo de raíces permiten sujetar bien los suelos.

- Utilización de pantallas cortavientos: Algunas plantaciones necesitan protección de calor, vientos cálidos del verano o fríos del invierno. Determinar la dirección dominante del viento y utilizar cortavientos que disminuyan las pérdidas de humedad puede favorecer el desarrollo óptimo de las plantaciones.

- Eliminar vistas indeseables, protectoras de ruidos, puntos focales, etc.

4. Densidad de plantación. Con el correcto número de plantas por metro lineal se consigue el efecto deseado de vegetación natural o seto. Se tienen que plantar las especies, en su justa medida, en función del estudio del lugar. Al disminuir la densidad de plantación, los grupos parecerán aislados, pudiéndose corregir el efecto visual inicial con un coste extra de mulch. El consumo de agua, con una densidad apropiada, puede disminuir de un 25 a un 75%.

Zonas con césped

Las pautas que podemos seguir al diseñar las zonas de césped, son las siguientes:

1. Zonas con bordes redondeados, dependiendo del área realmente funcional y del sistema de riego:



Elija cubresuelos, arbustos o perennes como alternativa al césped en pendientes puesto que minimiza la dificultad de mantenimiento y la necesidad de agua.

- Borduras alrededor de los céspedes.

- No a zonas estrechas y largas de complicado mantenimiento.

- Césped próximo a la casa, mientras que zonas de bajo mantenimiento en lugares más alejados.

2. Elección del tipo de especies en función del lugar y de la tolerancia a la sequía.

3. Minimizar las áreas de césped utilizando alternativas de gran atractivo y bajo mantenimiento:

- Plantaciones de arbustos.

- Cubresuelos.

- Praderas naturales.

- Mulches orgánicos e inorgánicos.

4. Elección de cubresuelos, arbustos o perennes como alternativa al césped en pendientes, minimizando la dificultad de mantenimiento y la necesidad de agua.

Las zonas de juegos de niños se pueden cubrir con arena o corteza de pino para crear zonas saludables y baratas. En patios y escaleras añaden valor y atractivo al espacio.

Mulches

1. El uso de mulches añade interés y color al paisaje.

2. Es preciso mantener el espesor apropiado para conseguir retener humedad, disminuir la competencia de malas hierbas y prevenir la erosión.



*Existen alternativas de gran atractivo
y bajo mantenimiento para minimizar
las áreas de césped.*

3. Se recomienda utilizar mulches en zonas no plantadas:

- En senderos, áreas pisables, o bordes decorativos.

- No utilizar mulches inorgánicos en áreas inmediatamente adyacentes a construcciones ya que pueden aumentar el calentamiento de las edificaciones y de las plantas por la reflexión de calor del suelo.

4. Los colores pálidos, beige o grises suaves son preferibles a los blancos, que causan deslumbramientos, o a los negros que absorben calor.

5. Las zonas con mulch se pueden contener con bordillos para evitar el esparcimiento del material sobre caminos u otras zonas adyacentes.

6. La influencia del viento es un factor a considerar en la elección del tipo de mulch. En zonas no protegidas hay que evitar los mulches orgánicos, de bajo peso.

Conversión de jardines existentes en xerojardines

Existen grandes ventajas en la transformación de los jardines existentes en xerojardines o jardines eficientes en agua, aumentando incluso su atractivo y belleza. Técnica y diseño es el balance a establecer. Se puede jugar con:

1. Dividir espacialmente las zonas de manera que no tengan un excesivo tamaño y que estén bien articuladas entre sí.

2. Preservar y proteger el suelo en la zona de construcción: el suelo es una fuente de valor que sólo puede ser reemplazada con otra aportación muy costosa o con muchos años de proceso natural de formación del suelo. En áreas donde el suelo va a ser removido conviene almacenarlo o cubrir todas las zonas mientras la construcción se completa.

3. Aprovechar la topografía del lugar: los planos de desniveles, terrazas, escalinatas o balastradas pueden ayudar a integrar los elementos de construcción y aprovechar las perspectivas para crear balances de ahorro de agua sin grandes costes energéticos.

4. Estabilizar las pendientes extremas, colinas, terrazas, con vegetación arbustiva o cubresuelos y/o mantas biológicas.

5. La conservación de la energía debe ser parte integrante de cualquier diseño de jardinería:

- Elección de la exposición más favorable, modificando la radiación incidente y la energía calorífica. Plantaciones de árboles caducos en el W y SW de las construcciones, pueden crear suficiente sombra para disminuir la temperatura de la vivienda hasta en 10 °C.

- El enfriamiento natural se puede aumentar, localizando árboles de tal modo que dirijan las brisas frescas del verano. El sombreado, en forma de grandes árboles, pérgolas,

porches, emparrados, entutorados, etc., reduce enormemente la evapotranspiración. Hay que evitar las superficies abiertas de estanques, canales y depósitos.

6. Crear pantallas o cortavientos, vegetales o no, que disminuyan las pérdidas de humedad.

7. Utilizar la alternativa del laboreo de conservación o mínimo, o las técnicas de acolchado, que permiten una disminución de la pérdida de agua en el suelo: zonas de barbecho bajo los pies de los árboles manteniéndolos libres de malas hierbas o combinación de zonas de césped con mulch inorgánicos y plantas espontáneas.

8. Seleccionar especies que completen a las ya existentes, por resistencia a factores de humedad, agua, luz y similar mantenimiento.

9. Suprimir material herbáceo a favor de grupos arbóreos o arbustivos con mayor profundidad de enraizamiento. Elegir arbustos de flor en lugar de plantas de flor, o arbustos de recorte bajo la sombra de los árboles.

10. Seleccionar céspedes más rústicos, o praderas naturales.

11. Considerar en las zonas de «oasis», plantas en contenedores, en lugar de los rutinarios macizos de flores.

12. Aplicar riegos localizados que eviten pérdidas por evaporación y percolación.

13. Instalar láminas de agua o fuentes ornamentales con circuito cerrado. Evitar la instalación de juegos infantiles a base de agua. ◀

Bibliografía

Brookes, J. 1992. Guía completa de Diseño de Jardines. Blume. Barcelona. (ISBN: 84-87535-88-7).

Burés, S. 1993. Xerojardinería. Ediciones de Horticultura, S.L. (ISBN: 84-87729-11-8).

Elving, P. 1995. Landscaping for small spaces. Sunset. U.S.A. (ISBN: 0-376-03706-7).

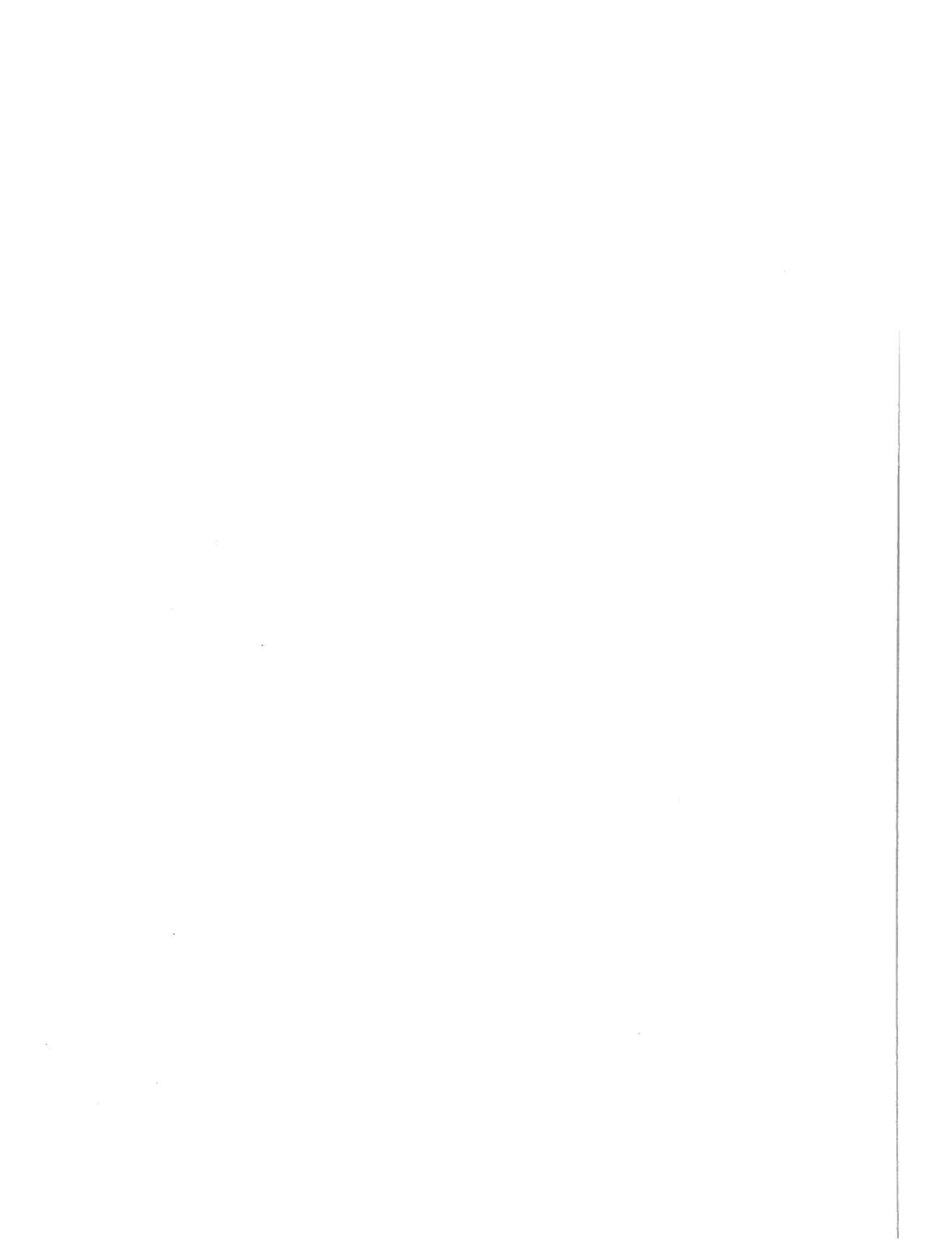
Erler, C. y D. Fell. 550. Home landscaping Ideas. Simon and Schuster. Hong Kong. (ISBN: 0-671-74429-1).

Memorias de las Jornadas Técnicas sobre el uso del agua en las áreas verdes urbanas. 1993. Canal de Isabel II, Agencia del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. (M-8324-1993).

Taylor, P. 1994. Low-Maintenance Gardens. Meredith Books. U.S.A. (ISBN: 0-696-02553-1).

The American Institute of Architects. 1984. La casa pasiva. Clima y ahorro energético. Herman Blume. (ISBN: 84-7214-297-3).

Walters, J. y B. Backhaus. 1992. Shade and Color with Water-Conserving Plants. Timber Press. U.S.A. (ISBN: 0-88192-214-5).



Mantenimiento de jardines

Programas de mantenimiento para el ahorro del agua

Jesús de Vicente Sánchez (*)

► Introducción

Las especiales características de los espacios verdes diseñados bajo los parámetros de la xerojardinería hacen que además de las técnicas habituales en la conservación haya que hacer especial mención en algunos aspectos que caracterizan este tipo de espacios verdes e instalaciones. Vamos a tratar de explicar brevemente las experiencias más vanguardistas que existen en nuestro país y en otros países de este tipo de ajardinamiento de los espacios públicos y privados. La utilización de aguas residuales para riego y la tecnología del riego por goteo enterrado son aspectos a tener muy en cuenta en este tipo de ajardinamientos.

Técnicas de mantenimiento de jardines con bajo consumo de agua

Definición de conservación y mantenimiento

Por conservación entendemos la realización de forma continuada de una serie de tareas propias de jardinería, en-

caminadas a conseguir el estado óptimo del jardín. Este estado óptimo no sólo implica los tradicionales criterios de estética y belleza, sino que tiene que contemplar ineludiblemente una serie de aspectos técnicos propios de estos espacios, como son:

- El adecuado funcionamiento físico-químico de los suelos donde se ubican las plantaciones. Los trabajos de plantación del jardín van a condicionar las características físicas del suelo ya que va a ser difícil posteriormente actuar en profundidad para mejorar o modificar el suelo. Las características químicas sí van a poder modificarse si contamos con un sistema adecuado de riego, con una correcta uniformidad, que nos va a permitir incorporar soluciones nutritivas y correctores de suelo.

- La adecuada elección de las plantas. Estamos trabajando en climas cálidos con períodos prolongados de sequía que condicionan la selección en gran manera de las especies a plantar, por lo que el diseño y la correcta elección de las especies será un condicionante de la conservación.

- La correcta elección e instalación de un sistema de riego. El sistema de riego localizado por goteo, es mucho más que un conjunto de tubos, es una técnica de cultivo que nos permite trabajar en pendientes, con aguas salinas y

(*) Jesús de Vicente Sánchez: Técnico agrícola especializado en jardinería y riego. Inicia su carrera profesional en el sector agrícola, realizando estudios de cultivo y proyectos de riego en las Palmas de Gran Canaria y Málaga. Posteriormente pasa cuatro años y medio trabajando en Arabia Saudita, Venezuela y Nigeria en proyectos de interés nacional para la ecología y el medio ambiente. Fue el responsable de la unidad de conservación y mantenimiento de parques y jardines en Expo'92. Participante activo en el diseño, construcción y puesta en marcha de los grandes parques de ocio de Port-Aventura, Isla Mágica y Aquópolis. Ha participado recientemente en proyectos internacionales en Portugal (Expo'98 de Lisboa), en Jordania y Túnez. Su actividad profesional se desarrolla en el campo del paisajismo y el medio ambiente en Andalucía, Madrid y Cataluña principalmente. Es miembro activo de numerosas asociaciones profesionales nacionales e internacionales. Tiene un importante curriculum de colaboraciones técnicas en libros, cd fotos, y revistas especializadas del sector del paisajismo y del medio ambiente.



La adecuada instalación del sistema de riego hace que la conservación sea sencilla o se convierta en un grave problema.



La utilización de diferentes tipos de mulch simplifica la conservación y reduce los costes.

aguas residuales y dosificar los nutrientes y los productos fitosanitarios.

- El adecuado estado nutricional de la plantaciones permite tener plantas sanas y vigorosas que pueden hacer frente a plagas y enfermedades con mayor éxito que unas plantas que tengan carencias nutricionales.

- El estado fitosanitario de las plantaciones mediante un correcto control de plagas y enfermedades. Un jardín deteriorado es un foco de enfermedades y plagas para los otros espacios verdes del entorno.

- El correcto estado de uso de las instalaciones y el mobiliario que componen los jardines y parques para que puedan cumplir la función social, lúdico recreativa, de ser un espacio de ocio y de confort climático en las ciudades y una adecuada calidad paisajística en espacios abiertos, contribuyendo a incrementar la calidad ambiental.

- La no contaminación de suelos mediante la adecuada excavación o recuperación de las aguas de drenaje.

La gestión del mantenimiento

Haremos referencia de forma general a las características comunes de un parque público, privado, una carretera o un parque periurbano, que tengan el denominador común de estar especialmente diseñados para unas condiciones climáticas duras, de sequedad y falta de precipitación natural.

El mantenimiento podemos definirlo como una actividad que agrupa medios materiales y humanos para conseguir el adecuado funcionamiento de las instalaciones y el correcto estado de los espacios que componen los jardines. La limitación viene dada por un presupuesto que establece el nivel de calidad deseado y que retribuye a los medios de producción. El mantenimiento tiene un marcado carácter preventivo, especialmente en cuanto se refiere a instalaciones. La conservación y el mantenimiento están condicionados por:

- El presupuesto. ¿Cuánto cuesta conservar y mantener un m² de zona ajardinada? Serían muy variadas las cifras. Lo cierto es que los técnicos cuando les preguntan sobre este tema, siempre su primera respuesta es, «eso depende». Cuando se les pide encarecidamente que den una cifra, dividen el presupuesto anual de que disponen entre los «metros cuadrados totales» y dan un precio. Lo importante es tener en cuenta los rendimientos y la experiencia acumulada para definir estas necesidades, que son muy variables según zonas y épocas del año.

- Los recursos humanos. Es importante tener la dotación adecuada y que tengan la adecuada especialización y cualificación. Muchos jardineros no tienen estudios profesionales pero pueden demostrar especiales condiciones para poda, recorte de setos y figuras, trepa de árboles y con su bien hacer contribuyen a dar una especial calidad estética al jardín.

- Los medios mecánicos y la maquinaria precisa. Una gran parte de las tareas de conservación y mantenimiento requieren maquinaria que simplifique las tareas rutinarias y facilite las tareas duras y pesadas que requieren de un esfuerzo físico considerable.

Como ejemplo sofisticado puede servir la presentación de una segadora automática que lleva el mismo sistema de control teledirigido que el que se utiliza para los misiles aéreos, que ha sido presentada recientemente. La maquinaria está para ayudar al hombre y sirve para incrementar la productividad de la mano de obra, en ningún momento para sustituirle.

Es importante que los departamentos o equipos de conservación y mantenimiento de zonas verdes funcionen además de con las tecnologías modernas, con adecuadas técnicas de gestión empresarial. El management tiene que estar presente en cualquier equipo organizativo que se precie de calidad y eficiencia. La buena gestión implica las siguientes secuencias:

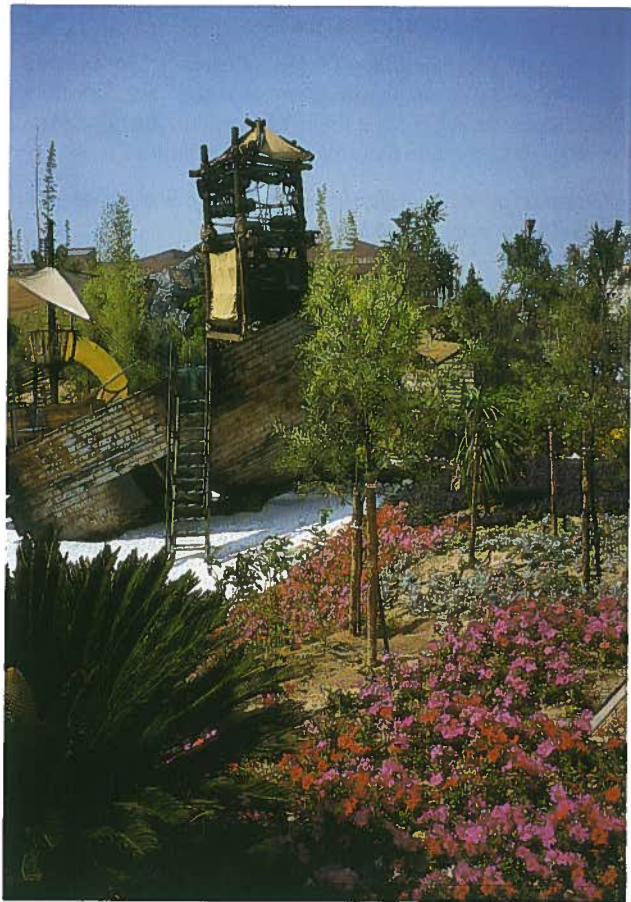
- Planificar.
- Organizar.
- Controlar.
- Dirigir.

La «planificación» implica tener un conocimiento exhaustivo de las tareas a realizar en las distintas épocas del año y esto nos va a permitir cuantificar las horas de personal y de la maquinaria a emplear. El conocimiento de los consumos y suministros varios previsible va a permitir tener una adecuada gestión de stocks que garantice la disponibilidad del producto en el momento necesario sin que suponga un sobrecoste de almacenamiento innecesario.

Por ejemplo es muy importante en este calendario de actuaciones, contemplar los turnos originados por las vacaciones del personal para que en ningún momento se baje el nivel de calidad de la conservación.

«Organizar» bien el personal, es una de las tareas más importantes para cumplir los objetivos programados. La disponibilidad de la maquinaria y de los medios de transporte requiere un especial esfuerzo de programación para evitar colapsos en los momentos críticos. Para esto se requiere que se hayan fijado de antemano unos «objetivos» que deben conocer todos los implicados en las distintas actuaciones. Estos objetivos deben ser creíbles, por los que tienen que esforzarse para conseguirlos, y alcanzables para que todos puedan trabajar en la misma dirección. Una tarea importantísima y que es sin duda un factor de calidad es el control operacional. Todos los medios humanos deben conocer su puesto en el organigrama funcional y lo que se espera de él. A su vez deberán conocer las distintas implicaciones que existen con otros compañeros en las distintas actuaciones y su nivel de implicación y de responsabilidad.

El «control» de la actividad no debe ser solamente mediante un reloj que controla la hora de entrada y de salida, debe haber una implicación en conseguir los objetivos. La maquinaria debe tener su ficha de control donde figuren los



En el jardín xerofítico la flor de temporada ocupa pequeños espacios y da una nota de color.

datos, las horas de trabajo y las operaciones de mantenimiento a que se somete. Debe elaborarse un calendario de disponibilidad para que todos los que necesiten disponer de esa maquinaria puedan conocer cuándo pueden contar con ella.

Otro control muy importante es el control del vandalismo de los jardines y espacios verdes. Desde hace algunos años se están utilizando sistemas de circuitos cerrados de televisión que están dando unos excelentes resultados. No hay que olvidar que el jardín de bajo consumo de agua tiene también vandalismo.

«Dirigir» un grupo humano es sin duda un gran reto. Hoy día todavía podemos encontrar organizaciones de tipo piramidal donde no cuenta la eficacia sino la antigüedad. Esto desde hace tiempo está obsoleto y se ha demostrado que no es la mejor forma de funcionar. La opción es clara «la dirección participativa por objetivos», donde todos los implicados respetan y acatan una estructura funcional operacional y en donde todos están implicados en la gestión y en los resultados. El instrumento más eficaz para articular la gestión es un buen pliego de condiciones donde se refleje la filosofía y un manual de procedimientos operativos para garantizar el funcionamiento de la estructura organizativa.

El pliego de condiciones

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la conservación de las zonas ajardinadas y el mantenimiento de las instalaciones de riego. El pliego es muy similar al de otro tipo de jardines aunque tiene algunas particularidades.

Prescripciones técnicas para la conservación de jardines y espacios verdes

1. Objeto.

El presente Pliego tiene por objeto la descripción específica de los trabajos de conservación de las plantaciones y el mantenimiento de las instalaciones.

2. Alcance y extensión.

El alcance y extensión de este Pliego se refiere a la totalidad de los trabajos de conservación y mantenimiento que comporten la totalidad de la obra ejecutada. Por lo que respecta a los trabajos específicos a realizar serán los propios contemplados más adelante y que corresponden genéricamente a las operaciones y labores más usuales en esta profesión.

Para los trabajos de conservación, se contará con el personal y la maquinaria adecuada, y demás utensilios necesarios para el desempeño de los trabajos a realizar. Se fija como superficie total a conservar toda la delimitada en los planos de plantaciones, reflejada en un inventario general, todas las zonas a conservar, y deberán existir unos planos de plantaciones e instalaciones actualizados a medida que se generen modificaciones.

3. Descripción de las funciones de conservación.

El conjunto de labores que han de realizarse para conservar las zonas ajardinadas en perfecto estado técnico, funcional y ornamental serán las siguientes:

- a) Riego.
- b) Poda (prácticamente nula).
- c) Reposición de marras.
- d) Tratamientos fitosanitarios.
- e) Abonado (a través del riego).
- f) Recortes de setos y figuras.
- g) Escardas (deben ser nulas ya que este, es uno de los objetivos que se persigue con la utilización de mulch).
- h) Binas (nulas).
- i) Rastrillados (nulos).
- j) Limpieza general.
- k) Mantenimiento del mobiliario urbano.

Para la conservación de céspedes, praderas y flores silvestres:

- l) Riegos.
- m) Siegas (en este tipo de jardines deben ser mínimas).
- n) Recorte de bordes.
- ñ) Eliminación de malas hierbas o escarda.
- o) Horadado y aireación.
- p) Recebado.
- q) Resembrado.
- r) Tratamientos fitosanitarios.
- s) Abonado.
- t) Limpieza general.

En este tipo de jardines se sustituye gran parte del césped, habitual de los jardines, por tapizantes de bajo consumo de agua, tipo cubresuelos que requieren de un corte anual en el período invernal.

4. Conservación de plantaciones en espacios verdes.

a) Riegos.

Los elementos vegetales se regarán esporádicamente a diario en las épocas que fuese necesario, dependiente de las condiciones edafo-climáticas y de las especies existentes, de forma que todos los elementos vegetales encuentren en el suelo el porcentaje de agua útil necesaria para su normal crecimiento y desarrollo. Este porcentaje de humedad se debe controlar periódicamente, mediante tensiómetros o sondas de humedad.

La práctica del riego, se desarrollará utilizando las redes y sistemas de riego actualmente existentes en las áreas a conservar. Si no existiera red o estuviera estropeada, o faltara el agua, se practicaría mediante camión cisterna y cubas.

b) Podas.

Teniendo de principio base que la primera norma de poda, dice «que los árboles no se podan» y especialmente en la xerojardinería realizamos plantaciones que no necesitan poda, ya que la planta equilibrada con su porte natural es la más idónea, enunciamos una serie de recomendaciones que pueden ser de interés.

La poda se realizará siempre en la época adecuada y los cortes deberán ser limpios y tratados con cicatrizante en los casos en que el diámetro de la rama cortada sea de grandes dimensiones y en todos los casos en que las especies lo exijan. Se deberán tener en cuenta:

1º. Deberá evitarse cortes de ramas muy gruesas y cuando esto se haga se tratará con cicatrizante inmediatamente después.

2º. Los árboles o arbustos que florecen en las ramas del año se podarán en otoño-invierno.

3º. Los que florezcan en las ramas del año anterior se podarán inmediatamente después de la floración.

4º. Los arbustos de follaje ornamental se podarán en otoño.

5º. La poda deberá tender a conseguir la máxima ventilación y soleamiento de todas las partes de las plantas.

6º. Las ramas que se suprimen definitivamente deberán cortarse lo más raso posible en su punto de inserción.

7º. Las leñas de la poda deberán retirarse, atarse y ser transportadas a vertedero o reciclaje, según proceda, en el mismo día. No se permitirá la acumulación y el almacenamiento de restos de basura.

8º. Todas las ramas muertas y partes secas deberán eliminarse en la operación de poda.

Deberán distinguirse cuatro tipos de poda:

1°. Poda de formación. Es la realizada en los árboles jóvenes y recién plantados, hasta conseguir el porte y forma deseada de la planta adulta.

2°. Poda de mantenimiento. Es la realizada para mantener el árbol en su porte y lograr la máxima vistosidad y floración en cada caso.

3°. Poda de rejuvenecimiento. Es la que se realizará en los árboles que brotan con facilidad después del corte, suprimiendo partes o toda la copa o parte visible de la misma con objeto de obtener una parte más joven y vigorosa.

4°. Poda de palmeras. Sólo se llevarán a cabo, las labores consistentes en la supresión de hojas rotas o secas, que paralelamente al tronco, cuelguen y puedan entrañar peligro si se desprenden, al tiempo que merman el aspecto estético.

c) Reposición de marras.

Estas labores consistirán en la sustitución o renovación de árboles, arbustos y vivaces que hubieran perdido o mermado considerablemente sus características ornamentales o bien que su precario estado botánico haga prever tal situación para un futuro próximo. Estas labores serán realizadas, en principio, en la época más apropiada.

d) Tratamientos fitosanitarios.

Se deberán realizar en las fechas oportunas, los tratamientos preventivos adecuados para impedir la iniciación o propagación de cualquier enfermedad o plaga que pudiera aparecer en alguno de los cultivos o terrenos de las zonas verdes, así como aquellos otros encaminados a combatir hasta su total extinción la enfermedad o plaga, una vez desarrollada.

La empresa presentará un programa fitosanitario, donde se recojan las principales plagas y enfermedades de las plantaciones existentes, indicando los productos a utilizar y las dosis de los mismos.

e) Abonados.

Se distinguirán dos tipos de abonado :

1°. Abonado orgánico. El abonado orgánico se aportará como abonado de fondo antes de realizar la plantación. Se recomienda repetirlo cada 4 años. En plantas de flor que se renuevan anualmente se recomienda hacer una pequeña aportación en cada plantación o siembra.

2°. Abonado químico. En arbolado se recomienda la utilización de un abonado de fondo en otoño o invierno con formulaciones tipo 8-15-15. En primavera se recomienda utilizar abono de lenta liberación. En parterres y céspedes se realizará igual tratamiento, pero siempre partiendo como base de la realización de análisis de suelos y foliares.

f) Recortes de setos y figuras.

Se realizarán en la época y forma precisa para la mayor vegetación y eliminación de plagas y salvo excepciones se-

rán en otoño y primavera las estaciones más propicias para el recorte de setos y figuras.

g) Escarda.

Tendrá como finalidad mantener el terreno limpio de malas hierbas. Consiste en el entrecavado manual de las zonas ocupadas por alcorques y parterres. Podrán utilizarse dos sistemas.

1°. Escarda manual. Consistente en el entrecavado de las zonas ocupadas por árboles, arbustos y grupos de flor de temporada. Este sistema será el normalmente más utilizado.

2°. Escarda química. Mediante aplicación de herbicidas selectivos.

Cuando proceda, además de las zonas ocupadas por árboles, arbustos y flor, se tratarán otras superficies sin plantación como pueden ser: caminos, zonas de estar, terrenos utilizables, pendientes, etc. Es importante la realización de un tratamiento de fijación de los caminos de tierra y albero, que permiten el paso del agua y el intercambio gaseoso, mediante la utilización de polímeros adhesivos. En las superficies recubiertas con mulches inorgánicos se debe instalar un malla antihierbas para evitar el crecimiento de hierbas y facilitar así el mantenimiento.

h) Binas.

Consistentes en romper la capa superficial de capilaridad que se forma en el suelo después de los riegos. Se efectuará igualmente en aquellas zonas terrazas ocupadas por árboles y arbustos. Podrán coincidir con la labor de escarda aunque necesariamente no deba ser así. La profundidad de cava será de 10 a 20 cm, sin que afecte en ningún caso al sistema radicular de las especies establecidas. Para los árboles de alineación, este entrecavado comprenderá toda la superficie del alcorque.

i) Rastrillados.

Para evitar la compactación del suelo, todos los terrenos de cualquiera de las zonas, serán rastrillados frecuentemente y después de cada labor de entrecavado.

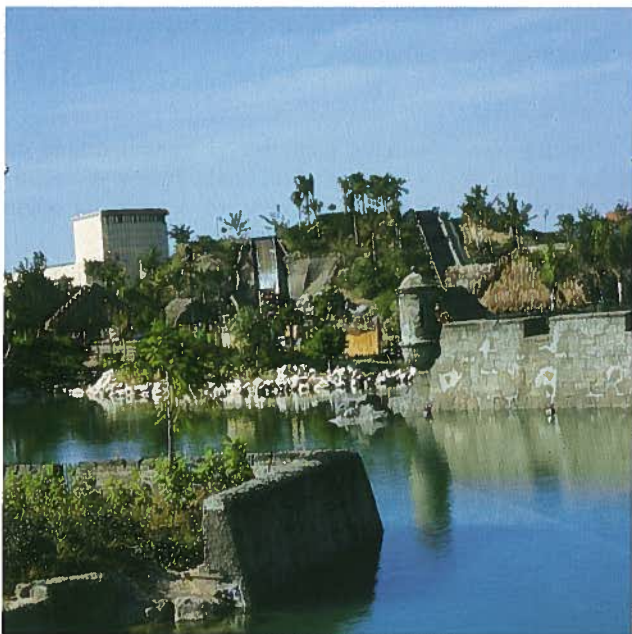
j) Limpieza general.

Esta labor consistirá en la eliminación, tanto de la vegetación de crecimiento espontáneo, como de hojas caídas, restos de las labores de siega y podas, desperdicios y basuras que por cualquier procedimiento lleguen a las zonas objeto de conservación. La operación de limpieza se realizará cuantas veces sea necesario para que el área ajardinada presente un óptimo estado de limpieza.

k) Mantenimiento del mobiliario urbano.

Además de los elementos comunes que son habituales a todos los Parques, se deberán mantener los elementos atípicos que formen parte del mobiliario urbano de la urbanización .

En el mantenimiento deben estar incluídos todos aquellos productos necesarios para el mantenimiento diario de fuentes, acequias, láminas de agua, así como todo aquel pequeño material eléctrico que forma parte de cuadros eléctri-



La dificultad de acceder a determinados espacios dificulta la conservación. La adecuada selección de plantas soluciona este problema.



Convertir el techo de un aparcamiento en una zona verde no debe ser un problema de conservación. El riego por goteo enterrado y la aportación automática de agua y abono reducen el mantenimiento a una siega periódica.

cos, programadores, cajas de conexiones y cuadros de control.

5. Conservación de céspedes y praderas.

l) Riegos.

El riego inmediatamente posterior a la siembra se hará con las precauciones para evitar arrastres de tierra o de semillas. Se continuará regando con la frecuencia e intensidad necesarias para mantener el suelo en un buen estado de tempero. Según la época de siembra y las condiciones meteorológicas, el riego podrá espaciarse más o menos. El momento más indicado para regar se considera en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde.

Las averías que se produzcan deberán ser subsanadas en la mayor brevedad posible para que no incidan en la buena conservación de las superficies o alcorques a regar. El agua consumida estará controlada mediante contadores o caudalímetros, no debiéndose utilizar más agua que la estrictamente necesaria para el riego, cuidando de que no se produzcan pérdidas por las bocas de riego mal cerradas o cualquier otro motivo.

m) Siegas.

Se realizarán con la frecuencia precisa para que la hierba no alcance una altura tal que estética o fisiológicamente suponga un perjuicio para el césped.

n) Recorte de bordes.

En los límites de las áreas de césped y con objeto de que éste no invada la zona de caminos o parterres de flores, se realizará periódicamente y por lo menos seis veces al año, un recorte del borde de superficie encespada, arrancando la parte sobrante incluso hasta las raíces. En este tipo de jardines se utilizan separadores de plástico de color negro o verde para separar las zonas de césped de las de mulch y evitar problemas cuando se realiza la siega del césped.

ñ) Eliminación de malas hierbas y escardas.

La escarda o limpieza de hierbas indeseables deberá hacerse en cuanto éstas resulten visibles en la superficie del césped y hagan desmerecer su aspecto. La eliminación podrá llevarse a cabo de forma manual o bien utilizando herbicidas. En este tipo de jardines la eliminación de hierbas debe estar solucionada en gran parte con los diferentes tipos de mulch.

o) Horadado y aireación.

Consiste en la perforación mediante rodillos especiales de la capa de tepe, debiéndose extraer y evacuar los fragmentos obtenidos mediante esta operación y recebando nuevamente con mantillo y arena los orificios resultantes. Igualmente con el objeto de airear las raíces se utilizará la máquina de verticut o corte vertical alternándose con la operación descrita antes. Estas labores deberán realizarse como mínimo dos veces al año.

p) Recebado.

Después de las operaciones de referencia en el apartado (e) y debido al uso, erosión o compactación deberá

recebarse el césped. Esta operación se llevará a cabo inmediatamente después de un corte, con una mezcla de mantillo y arena que rellena todos los huecos, deja al descubierto las puntas de las hierba recién cortada. A continuación del recebado deberá pasarse el rodillo.

q) Resembrado.

En las zonas de césped en las que, por mala siembra o por desgaste posterior, se produzcan claros o calvas deberá realizarse el resembrado con la misma mezcla de semilla que la siembra primera, realizando previamente una labor de aireación o verticut y posteriormente un recebado.

r) Tratamientos fitosanitarios.

Debe elaborarse un calendario de tratamientos preventivos, donde figuren las materias activas y el nombre comercial de los productos a utilizar, las dosis y la fecha prevista de tratamiento.

s) Abonado.

Al inicio de la primavera se aportará un abonado mineral compuesto de N-P-K-Mg en cantidad no inferior a los 50 g/m². Posteriormente se aportarán tres abonados de lenta liberación a razón de unos 30 g/m², separados en el tiempo unos dos o tres meses. En todos los casos la formulación y dosis de fertilizante químico a utilizar dependerá de los resultados analíticos obtenidos de los análisis foliares y de suelo realizados periódicamente.

t) Limpieza.

Serán extensivas para este apartado las mismas prescripciones enunciadas en el punto j) de limpieza en plantaciones de jardines y espacios verdes, así como la limpieza general diaria de láminas, fuentes, caminos, patios y todas aquellas zonas exteriores a los edificios.

Prescripciones de riego

Para el buen funcionamiento de las instalaciones de riego, deberá efectuarse un Mantenimiento Preventivo en el período y frecuencia establecido en el programa de mantenimiento. Básicamente los trabajos y operaciones a realizar serán:

- Control diario del consumo de agua mediante la lectura de contador.
- Revisión y regulación de los reguladores de presión.
- Detección de fugas en tuberías, piezas y accesorios.
- Comprobación y revisión del funcionamiento del programador, turnos y tiempos de riegos. Revisar semanalmente el histórico de riego.
- Comprobación de electroválvulas y solenoides.
- Comprobación y revisión de cuadros eléctricos.
- Revisión y conexión de emisores de riego, aspersores, difusores y goteros.
- Limpieza de filtros de arena, mallas, anillas y otros periódicamente.
- Rellenado de arena.
- Reparación, suministro, montaje y colocación de ele-



Los cubresuelos con un adecuado sistema de riego reducen la conservación al mínimo.



La correcta instalación de los automatismos de control y su fácil accesibilidad facilitan enormemente la conservación.

mentos deteriorados o que afecten al buen funcionamiento de las instalaciones.

- Mantenimiento y conservación de arquetas de obra civil y de plástico.
- Control y programación de los riegos.
- Control del consumo de agua.

1. Agua.

El agua es elemento base para la realización de una zona verde. Se puede afirmar que una plantación que no tenga garantizado el suministro de agua en los primeros estados de plantación está condenada a tener un elevado porcentaje de marras y por lo tanto al fracaso paisajístico más rotundo.

El acondicionamiento vegetal del medio urbanístico cuando se realiza racionalmente consigue potenciar y elevar las formas y el diseño del proyecto, al mismo tiempo que consigue integrar al hombre en el medio natural.

El suministro debe estar garantizado mediante depósitos de seguridad. Dependiendo del origen del suministro, los controles de calidad del agua deberán ser los adecuados para cada caso. Es importante diferenciar dos aspectos básicos en la utilización de aguas residuales:

- La sanidad.
- Tipo de riego.

2. Los sistemas de riego.

Son varios los sistemas de riego que se pueden emplear:

- 1º. El tradicional sistema mediante bocas de riego y camión cuba.
- 2º. El riego por goteo en las plantaciones de árboles, arbustos, tapizantes y flores.
- 3º. Riego por aspersión y goteo enterrado en las zonas de césped.

3. Estación de filtrado.

El agua procedente de distintos orígenes pasa al sistema de filtrado y de allí a toda la red de riego. El filtrado será el adecuado en función de la calidad y procedencia del agua. Es de una gran importancia en el buen funcionamiento de los sistemas de riego. De aquí el agua pasa a la red interna de suministro y alimenta electroválvulas o válvulas. Es importante instalar un sistema automático de limpieza que funciona por diferencia de presión realizando el contralavado o mediante un temporizador.

4. Red de agua.

Partiendo de la estación de filtrado tenemos una serie de redes que nos permiten llevar el agua a su punto de distribución. Es importante tener en cuenta que cuando se utilizan tuberías de plomo o de hierro hay que instalar un filtro especial en el sitio en el que se produce el cambio a tubería de polietileno o PVC. Esta red suministra el agua a las arquetas de control y a las bocas de riego. En la mayoría de las ciudades sólo existe una red de agua potable y esto difi-

culta enormemente la realización del riego con aguas residuales.

5. Arquetas de control de riego.

Sirven para guardar los elementos de riego que sirven para interconectar el ordenador principal y las electroválvulas. Están contruídas en obra civil o en poliéster. Normalmente se construyen enterradas. Lo aconsejable es construirlas superficiales para facilitar su revisión, instalándolas en armarios de intemperie. Contienen los siguientes elementos:

- Válvula de corte manual.
- Regulador de presión.
- Electroválvula de control.
- Manómetros.

Adecuación y optimización de los sistemas de riego para un menor consumo de agua

Sería un error pensar que la xerojardinería son plantaciones exclusivamente a base de cactus y plantas crasas, igualmente sería un error pensar que las plantaciones realizadas con técnicas de xerojardinería no necesitan de riego. Más del 90% de la composición de las plantas es agua. Las plantas trabajan al igual que una bomba que aspira e impulsa agua. Hay muy pocas zonas donde la pluviometría es tan importante y tiene una repartición tan uniforme a lo largo del año que las plantas no necesitan aportes suplementarios.

Hoy ya estamos haciendo proyectos de plantaciones donde se valora en el presupuesto de plantación el coste del suministro de volumen de agua necesario para realizar las plantaciones y mantenerlas adecuadamente durante un período de tiempo, que normalmente es de un año.

Como norma básica y elemental la primera regla para optimizar el consumo de agua es «conocer cuál es el consumo». No se puede ahorrar si no se sabe lo que se está gastando.

Hay tres casos bien diferenciados a la hora de plantearse el problema de la optimización y mantenimiento del agua de riego en una plantación xeroftítica.

1. Primer caso: cuando gran parte de la red existente es antigua y es de plomo, fundición, asbesto cemento o incluso acequias abiertas.

2. Segundo caso: cuando la instalación es totalmente nueva.

3. Tercer caso: cuando la instalación es mixta, tiene parte antigua y parte nueva.

Las redes generales de abastecimiento de nuestras ciudades presentan en sus tramos más antiguos un nivel de fugas importante. Se estima que hay ciudades donde más del 30% del agua que circula por las tuberías se pierde.

Todavía existen depósitos abiertos y acequias de sección abierta donde las pérdidas por evaporación son muy importantes.

Estos apartados serían los primeros que hay que afrontar en una gestión de optimización.

El riego

Las características generales que debe tener el sistema de riego son las siguientes:

- Estar bien diseñado, permitiendo satisfacer las necesidades de agua de las plantas en el tiempo previsto.
- El perfecto estado de conservación de la red general y de las instalaciones.
- Ser el sistema más adecuado, adaptado a las características de las plantaciones del jardín.
- El sistema de riego debe permitir conocer detalladamente los tiempos de riego, las dosis y la frecuencia de riego.
- Tener un mantenimiento sencillo y económico, de tal manera que cualquier jardinero pueda reparar las averías más frecuentes.
- Ser de fácil manejo.
- Tener una máxima versatilidad.
- Facilidad en la programación de riegos.
- Permitir un perfecto control del riego.
- Debe permitir la localización de averías de forma rápida.

La reconversión de un jardín tradicional

Si tomamos como ejemplo un jardín que tenga unos cuantos años de existencia y tenga unas instalaciones mínimas, podemos enumerar una serie de medidas de carácter general encaminadas a disminuir el consumo de agua y mejorar la eficiencia.

En cuanto al agua:

- Utilizar aguas residuales, debidamente tratadas.
- Controlar químicamente la calidad del agua (olor, sólidos, bacterias).
- Recoger el agua de lluvias en balsas.
- Recuperar el agua de drenaje, mezclarla, mejorarla y reutilizarla.

En cuanto a las instalaciones:

- Instalar conducciones nuevas.
- Evitar superficies abiertas de estanques, canales y depósitos.
- Reparar las redes existentes.
- Instalar sistemas de riego por goteo, aspersión, con emisores y boquillas que den un caudal uniforme.
- Instalar contadores, caudalímetros, sondas de humedad, y tensiómetros.
- Evitar en todo lo posible el riego con manguera.
- Realizar el riego nocturno.

-Instalar estaciones Meteo que permitan maximizar la eficiencia del consumo de agua en función de las condiciones climatológicas.

En cuanto al control de la evaporación:

- Utilizar mulch.
- Sustituir praderas por diferentes tipos de mulch o cubresuelos.
- El enterrado del sistema de riego por goteo.
- Humidificación ambiental mediante sistemas de alta presión.
- Agrupar plantas de necesidades similares.

Optimización de los sistemas de riego en jardines y espacios verdes

La optimización del riego consiste en obtener la máxima eficiencia en la aplicación del agua, es decir, la utilización de la mínima cantidad de agua que permita no sólo la supervivencia de las plantaciones, sino el correcto desarrollo de las mismas.

Es muy importante tener en cuenta que el riego se utiliza para suplementar y suplir la falta de agua de lluvia. La escasez de lluvias y la repartición de las mismas obliga a contar con un sistema de aportación de agua suplementario. Los visitantes que en el verano de 1995 estuvieron en Inglaterra pudieron comprobar que había grandes superficies de pradera seca. Lo realmente sorprendente era que en Inglaterra no se riega el césped y que la mayoría de las praderas no tienen sistema de riego. Esto mismo ocurre en la mayoría de las ciudades de la cornisa cantábrica. Uno de los factores importantes a tener en cuenta en nuestra climatología mediterránea es la tendencia a la desertificación, la falta de pluviometría y la no uniformidad de la misma. En el norte de Europa hay cultivos de secano que tienen mayor aportación de agua que algunos cultivos de regadío en España.

A la hora de optimizar el sistema de riego debemos tener en cuenta cuatro aspectos:

1. El diseño. La imagen que a veces se da cuando hablamos de un jardín con plantas autóctonas, o de un jardín xerófito, es la imagen de que no necesita mantenimiento y no necesita riego. Esto es falso, un jardín debe tener un sistema de aportación y aplicación de agua lo más racional posible.

2. El origen del agua. Pozo, abastecimiento público, agua residual reciclada, agua procedente de desaladora, agua potable.

3. La legislación. Existen reglamentos municipales, normativas de uso, confederaciones, entidades distribuidoras y normas éticas que en su mayoría se han quedado obsoletas por el avance de las tecnologías del agua.

4. Las técnicas. Es muy importante utilizar la tecnología existente en materia de hidroponía, recuperación del drenaje, láminas de agua o sistemas de riego localizado enterrado.

El diseño de la instalación

La instalación que está diseñada adecuadamente permite conseguir una máxima eficiencia.

Elementos que componen la instalación de riego:

- Grupo de bombeo.
- Filtros de grava, arena, malla, anillas.
- Conducciones.
- Arquetas de control.
- Válvulas eléctricas, hidráulicas y volumétricas.
- Reguladores de presión, reductores, contadores, detectores de flujo, automatismos.
- Estaciones Meteo, sondas de humedad y tensiómetros.

Control de calidad

El control de los trabajos de instalación y la realización de los ensayos obligatorios de los materiales antes de ser instalados y las pruebas de funcionamiento garantizan que la instalación trabaje a un nivel óptimo y no se pierda agua por fugas. En el control, se deben considerar:

- Control del diseño.
- Aplicación de normas vigentes.
- Reglamentaciones (electrotecnia).
- El control de la ejecución.
- El control de fabricación.

Control de uniformidad

El correcto cálculo de la instalación garantiza que la distribución del agua sea uniforme en las distintas zonas. Esto garantiza que no haya pérdidas por escorrentía. Una prueba adecuada es medir la presión de la siguiente manera: se selecciona un sector de riego y se toma la presión en el punto emisor más inmediato después de haber pasado el regulador de presión o la electroválvula de control y se compara con la medición obtenida en el punto emisor más alejado. La diferencia no debe superar el 5%.

Para que la instalación tenga este nivel de calidad hay que trabajar con sistemas de precisión (riego con goteros autocompensantes), que tengan un exigente control de calidad en fábrica.

En el proceso de fabricación hay tres momentos decisivos que marcan las diferencias de los distintos productos que existen en el mercado:

-Inyección. En la inyección es muy importante contar con las máquinas adecuadas de última tecnología y con moldes de precisión que permitan elaborar un emisor de gran precisión. Es muy importante que la materia prima sea virgen y no proceda de materiales usados. No se puede obtener un goteador de precisión con material reciclado. Se puede emplear el material de los goteadores que rechaza el molde sin que suponga más de un 5%.

-Ensamblaje. Es un proceso en el que se integra la parte interna del goteador en la carcasa del mismo.

-Control de calidad. En cada una de las etapas anteriores se realizan los adecuados controles de calidad además de los controles finales que garantizan la calidad total de los productos.

Características de sistemas eficientes en riego

- Usar un buen sistema de riego.
 - Es importante tener en cuenta que en un jardín recién plantado requiere el primero y segundo año más agua que en años posteriores.
 - Agrupar las zonas en función de las necesidades hídricas, separar las zonas de césped de las de arbustos, áreas de sol y de sombra.
 - Usar un sistema de riego con mínimas pérdidas.
 - Realizar controles de mantenimiento periódicos.
 - Regar según las necesidades de las plantas.
- Finalmente, si tuviéramos que definir una instalación de riego «ideal» sería la siguiente:
- Riego por goteo enterrado, con goteros autocompensantes integrados.
 - Goteros de caudales bajos entre 1,5-2,5 l/hora.
 - Sistema de regulación mediante reguladores de presión.
 - Electroválvulas de control accionadas mediante pulsos, con bajo consumo energético, que eliminan el tendido de cable de señal.
 - Control de automatismos mediante un ordenador central.
 - Satélites en campo accionados por radio y alimentados mediante placa solar. ◀

BIBLIOGRAFIA

Memoria de las jornadas técnicas sobre el uso del agua en las áreas verdes urbanas, Canal de Isabel II^a, Agencia de Medio Ambiente de la CAM (1993).

Burés, S. 1993. «Xerojardinería» Ediciones de Horticultura.

Magister, M. 1997. Xerojardinería, Apuntes «Diseño de jardines». (D.A.P.) Consejería de Agricultura.

De Vicente, J. 1997. Revista Arquitectura del Paisaje, «Xerojardinería, diseño de jardines en zonas áridas».

De Vicente, J. 1995. CD-FOTO, «Xerojardinería, diseño de paisajes áridos». Tecnopaisajes Consultores S.L.

Medio ambiente y marketing

Consumo de medio ambiente y marketing medioambiental en la xerojardinería

Dr. Miguel Merino Pacheco (*)

► Introducción

El presente capítulo enfoca el problema de la xerojardinería desde el especial ángulo de la interacción de este tipo de construcciones con la utilización del factor de producción que denominamos medioambiente. Como toda construcción, un jardín origina una serie de alteraciones sobre el medio ambiente del tipo que se llaman genéricamente «impacto medioambiental». En los últimos años, a la luz de numerosas investigaciones, se ha ido tomando conciencia que la disponibilidad de este recurso natural no es ilimitada. La minimización de ese impacto, o sea la minimización del consumo del factor de producción «medio ambiente» se convierte, en consecuencia, en un aspecto prioritario. La xerojardinería representa, entre otras cosas, un esfuerzo coordinado para lograr ese objetivo: la minimización de las alteraciones del medio debidas a intervención de la mano humana. En primer plano de esta minimización está el ahorro del consumo de agua, aunque se perciben algunos otros aportes de este tipo de jardines a la conservación medioambiental que se comentarán oportunamente.

La terminología que rodea este tipo de comentarios es a menudo confusa. Antes de seguir adelante con los mismos es necesario, entonces, esclarecer algunas relaciones, sobre todo las referentes a los vocablos «recursos naturales» y «medio ambiente».

Los recursos naturales son factores que afectan las ac-

tividades productivas, pero que no han sido hechos por el Hombre, ni a través de un proceso de fabricación iniciado por el Hombre. Del punto de vista económico, entonces, se asimilan al concepto del recurso «tierra» de la trilogía «tierra, capital y trabajo» de la literatura económica clásica. De acuerdo con la velocidad con que los recursos naturales se reponen luego de ser consumidos, se ha establecido una clasificación de los mismos en:

- Recursos no renovables; son aquellos que la utilización de una unidad del recurso conlleva la destrucción irreversible de la misma (combustibles fósiles, p.e.).

- Recursos no renovables con servicios reciclables; son aquellos que su uso implica su completa destrucción en cuanto a su forma actual, pero que son recuperables parcialmente mediante un proceso de reciclado (metales, p.e.).

- Recursos renovables; son aquellos que al agotamiento o destrucción del recurso sigue una regeneración automática del mismo mediante una base biológica (pesquerías, bosques).

- Recursos ambientales; son aquellos que su uso no implica, en principio, agotamiento, o que su capacidad de regeneración es extremadamente rápida, como el agua o el paisaje.¹

De acuerdo con esta clasificación, el medio ambiente es un recurso natural que tiene la característica de una rá-

(*) Dr. Miguel Merino Pacheco: Consultor en comercialización y economía agraria. Nacido en Montevideo (Uruguay) en 1951. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Montevideo (1981). Ingeniero Agrónomo Diplomado, Universidad de Stuttgart-Hohenheim (1985). Doctor en Economía Agraria, Instituto de Política Económica y Comercialización Agraria, Universidad de Stuttgart-Hohenheim, República Federal Alemana (1990). Actividad docente y de investigación vinculada a temas de economía y comercialización agrarias y economía medioambiental, predominantemente con temática española. Numerosas publicaciones científicas y periodísticas en estas áreas. Desde 1992 en Berlín como consultor privado y colaborador del Instituto de Proyectos de Ecología Rural y Urbana de la Universidad Humboldt de Berlín.

vida capacidad de regeneración. No obstante, la presencia de esa capacidad de regeneración no debe conducirnos a la creencia - ya superada - de la disponibilidad ilimitada de los recursos medioambientales. El medio ambiente, sometido a uso demasiado intenso, pierde también esa capacidad de regeneración y presenta límites muy definidos. Esta «escasez» es la que permite definir a este recurso como un bien económico, esto es, un bien cuyo consumo puede ser racionado mediante precio y asignado mediante la institución que denominamos «mercado». Valga entonces la clasificación precedente con fines orientativos.

Por último, y hecha la comprobación que las actitudes respetuosas hacia el medio ambiente y otros recursos naturales tienen una consideración creciente en las sociedades modernas - vale decir, estas actitudes se han convertido en hechos deseables en sí mismos -, se explora la posibilidad práctica que sean utilizadas por los empresarios como elementos de marketing de este nuevo producto, el xerojardín.

Políticas medioambientales y rol de la administración

La formulación de políticas medioambientales y las intervenciones estatales para implementarlas se justifican sobre dos características del medio ambiente que hasta hace relativamente pocos años no eran evidentes: la limitada disponibilidad del bien que genéricamente llamamos «medio ambiente» y la presencia de externalidades en su uso, lo que conlleva a discrepancias entre los niveles óptimos social y privado de su utilización.

A grandes rasgos, el medio ambiente tiene dos utilidades: como bien de consumo, cuando es utilizado para el esparcimiento, y como medio de producción, principalmente como forma de eliminar residuos de la actividad humana. Como ya se ha comentado en la introducción, el recurso medio ambiente presenta, en estas funciones, una cierta capacidad de regeneración.

El creciente bienestar económico y el incremento paralelo de la actividad humana ponen de manifiesto, por otra parte, que la disponibilidad de bienes medioambientales no es ilimitada. La capacidad de regeneración de un lago al cual echamos aguas industriales o servidas se verá en algún momento superada, y éste se convertirá en una inmundicia cloaca; o una hermosa costa turística puede a cabo de pocos años estar cubierta de edificios de hormigón que arruinan el paisaje.

El constatar que el medio ambiente es «escaso» nos permite colocarlo en la categoría de bien económico. En este tipo de bienes, como los diamantes o las hogazas de pan, su escasez relativa (oferta) y la intensidad con que son codiciados (demanda) genera los mercados donde se intercambian, a precios determinados por los dos factores anteriormente mencionados. Estos diamantes o panes que nos sirven de ejemplo tienen la característica de ser bienes «privados», quiere decir, que su utilización por parte de un

consumidor excluye su utilización por otro. El precio de estos productos generado en el mercado cubre entonces la totalidad del beneficio - o «utilidad» - que obtiene el consumidor de estos bienes «privados», y para obtener los antedichos bienes el consumidor no tiene más remedio que pagar ese precio.

Se recuerda en este punto que los mercados son instituciones o convenciones cuya finalidad es asignar quién consumirá y cuánto se consumirá de determinado bien. El parámetro central que rige este sistema de racionamiento descentralizado es el precio, cuya formación depende de la capacidad del mercado de transmitir y sintetizar información sobre disponibilidad y demanda del género objeto del intercambio. Un mercado de bienes «privados» está, en principio, en condiciones de cumplir con su función esencial de transmisión de información. Por lo tanto el precio que forma es un buen indicador de las cantidades ofertadas y demandadas del bien en cuestión, consumiéndose las cantidades del mismo socialmente óptimas.²

Los bienes medioambientales tienen, por lo contrario, la característica de ser «públicos». Esto significa que la utilización de un bien de estas características por parte de un consumidor no implica que otros usuarios sean excluidos de esa utilización. Si mi vecino ha instalado un hermoso jardín frente a su casa, no puede impedir que yo lo contemple desde mi ventana y experimente un placer estético, sin disminuir además la disponibilidad del bien para terceros (alguien que pase por la calle podrá experimentar también la misma sensación, independientemente si yo estoy asomado a mi ventana o no).³

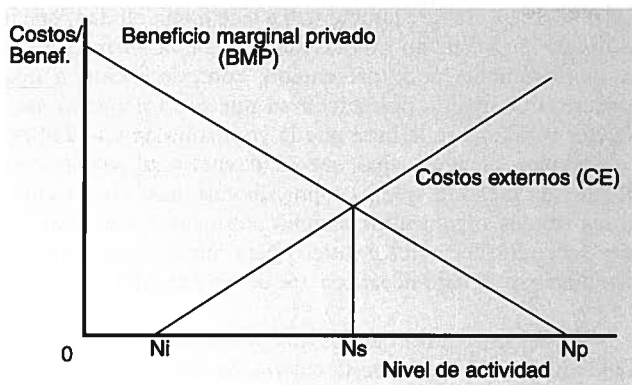
Esta característica de los bienes medioambientales de ser «públicos» conduce directamente al problema de las «externalidades». Aparece una externalidad cuando, como en el ejemplo anterior, un consumidor - o productor - no se ve obligado a correr con todos los costos que supone su acto de consumir o producir. Esto no quiere decir que esos costos no existan, sino simplemente que por las características del bien en concreto, es posible trasladar los costos de su uso a terceros que no participan de los beneficios o, viceversa, disfrutar de los beneficios del consumo sin haber aportado a los costos de generación del bien. La imagen especular de este fenómeno también se produce; terceros son negativamente afectados sin recoger beneficios por la consumación de actos económicos. Existen entonces externalidades positivas y negativas; lo esencial del concepto es que mediante actos de producción o consumo se producen efectos no sancionados por el mercado.

Como consecuencia de ello, el mercado no cumple con su función de transmitir información y el consumo del bien medioambiental será maximizado por el individuo que lo está llevando a cabo, siendo no obstante ese consumo demasiado intenso del punto de vista del interés común. Se produce un «fallo de mercado» como consecuencia de que los costos de las acciones no recaen exclusivamente sobre quienes se benefician de ellas. La Figura 1 resume gráficamente el mecanismo que lleva a la divergencia entre el consumo óptimo social y el privado.

Aplicado al caso de la contaminación medioambiental, vemos que a medida que el nivel de actividad se incrementa, lo hace también el nivel de utilización - o contaminación- del medio ambiente, de acuerdo con la función creciente de costos externos (CE). Esta función se origina en N_i , ya con cierto nivel de actividad presente, porque hasta ese punto actúa la capacidad autoregeneradora del medio ambiente y no se produce una acumulación de contaminación. La curva de beneficio marginal privado (BMP) tiene pendiente negativa, pues a medida que el nivel de actividad se incrementa, el beneficio privado total aumenta (esta curva no está representada en el gráfico, por razones de simplicidad) pero la tasa de incremento del mismo, que es lo que representa esta curva, disminuye progresivamente. A partir del punto N_p ($BMP = 0$), el beneficio adicional de incrementar la actividad se vuelve negativo, y el beneficio total comienza a disminuir; se ha superado el óptimo privado del nivel de actividad. El fallo de mercado aparece cuando los productores, maximizando su beneficio privado, eligen un nivel de actividad situado en N_p , mientras que la sociedad elegiría como punto eficiente N_s , pues a este nivel los costos externos se igualan a los beneficios. Los beneficios que el operador privado recoge incrementando la actividad de N_s a N_p se obtienen mediante costos que son soportados por terceros.

Fig. 1

El problema de la externalidad



El estudio de este diagrama hace entonces evidente cuál es el rol que debe asumir la administración en relación con la política medioambiental: mediante la aplicación de distintas medidas aproximar los niveles de actividad óptimos social y privado; en el gráfico, lograr que los puntos N_s y N_p coincidan.

El tipo de medidas que los gobiernos pueden tomar para aproximar el nivel óptimo de actividad social al privado varía enormemente, pero pueden reconocerse tres categorías de ellas:

- Medidas que no acarrear costos financieros para los gobiernos y que contribuyen tanto a la protección medioambiental como a un incremento de la eficiencia económica en general («win-win»), como: eliminación de subsidios a fertilizantes, pesticidas, agua de riego; elimi-

nación de subsidios a la explotación de bosques vírgenes, etc.

- Inversiones que pese a acarrear costos, tienen efectos económicos positivos aún sin considerar los efectos medioambientales, como medidas de conservación de suelo o mejoramiento del suministro y calidad del agua.

- Medidas e inversiones dirigidas a evitar fallos de mercado y cuyos efectos económicos positivos se perciben cuando se incluyen los beneficios medioambientales, tales como impuestos y tasas a las emisiones, o reglamentaciones sobre el nivel máximo de contaminación permisibles.

Es claro entonces cuál debe ser el orden con que los gobiernos deberían proceder a aplicar medidas a los efectos de encarar la problemática de la conservación medioambiental. Hay que hacer, no obstante, una última observación sobre esta sencilla clasificación de medidas: con la aplicación de las mismas se pretenden maximizar beneficios sociales, quiere decir, a nivel de la totalidad de la sociedad. Esto no significa que estas medidas, aun las más convenientes en el papel («win-win»), no acarreen perjuicios para algunos operadores. Es obvio que si a un grupo de productores se les recortan los subsidios al agua de riego, se verán perjudicados individualmente, o que lo mismo ocurrirá si una reglamentación obliga a un industrial a instalar filtros en sus chimeneas. En consecuencia, la aplicación de medidas de protección medioambiental generará siempre acaloradas controversias y será campo para la actividad de los representantes de intereses definidos («lobbies»).

Esto explica por qué medidas que a primera vista parecen obvias sólo pueden ser implementadas tras ruidosas batallas de opinión pública, o no son jamás correctamente aplicadas. Una ojeada a la prensa diaria nos suministra abundantes ejemplos de estos enfrentamientos. Con respecto al uso del agua, que es uno de los temas centrales de la xerojardinería, este tipo de controversias son de importancia capital.

La política del agua

Una de las características centrales del xerojardín es su bajo impacto medioambiental o su potencial utilidad como instrumento para el mejoramiento de la situación medioambiental. Definitorio para el concepto de xerojardín es su baja necesidad de agua, por supuesto. Otros puntos de interés son su potencial contribución a la conservación de especies vegetales amenazadas de extinción⁴ y su aplicabilidad para la realización de terrazas ecológicas bajo condiciones de clima seco. Este último punto se discute ampliamente en otro capítulo de este volumen; aquí se comentará que la condición de xerofíticas de las plantas utilizadas en este tipo de jardines es la que posibilita la recreación de biotopos cuasi-naturales sobre estructuras edificadas en regiones de considerable sequedad. Esto permite mantener bajos los costos de mantenimiento de estas estructuras.

El agua es un recurso medioambiental escaso en el sentido económico del término, y por supuesto también escaso en el sentido familiar del vocablo en numerosas regiones de España. Todas las iniciativas e innovaciones técnicas que tiendan al ahorro del precioso líquido son entonces altamente apreciables. Algunas observaciones sobre aspectos socioeconómicos vinculados al uso del agua son entonces de interés para complementar reflexiones técnicas realizadas por otros autores.

Pese a que su característica de recurso escaso hace en principio que su uso pueda ser racionado mediante mercados, muy a menudo los gobiernos consideran que este es un recurso demasiado precioso o políticamente demasiado sensible para que las decisiones sobre quién obtiene el agua, a qué precio y para qué usos sean dejadas al accionar de una institución espontánea y anónima como es el mercado. En estos casos, lo usual es que el Estado retenga la propiedad pero que conceda el uso del agua a entidades públicas o privadas, tales como agrupaciones de agricultores, usuarios industriales o compañías de distribución de agua o generación eléctrica, generalmente especificando también el tipo de uso a que el líquido debe ser destinado. La infraestructura de obtención y distribución suele estar en manos oficiales, aunque también las asociaciones de usuarios pueden operar esa infraestructura. Entre esas asociaciones de usuarios destacan las de agricultores.

Los sistemas de administración pública del agua conducen muy a menudo a ineficiencias en el uso de la misma. A pesar de la creciente escasez y de los costos crecientes de la creación de infraestructura hidráulica, el agua se suele desperdiciar. Esto es especialmente cierto en la actividad agrícola, que utiliza el 70% del agua dulce consumida en el Mundo, frente a un 8% de consumo doméstico. No suele ser raro encontrar en zonas áridas ciudades donde se raciona el uso del agua, mientras los agricultores de las cercanías cultivan productos de bajo valor y alto consumo de agua utilizando técnicas de irrigación poco adecuadas. Aún en estos casos, a los gobiernos les resulta difícil redistribuir el uso del líquido hacia aplicaciones más eficaces. Aún frente a una estructura de la demanda de agua rápidamente cambiante, intentos de redistribuir el uso de la misma desde los agricultores hacia los consumidores urbanos generan conflictos y problemas sociales. Sobre todo en países donde los agricultores ejercen mucha influencia política, se las arreglan para obtener derechos de uso de forma gratuita y pagando tasas de consumo que muchas veces ni siquiera están en relación con los costos de mantenimiento de las redes de distribución. Además, si los agricultores no pueden vender el agua sobrante, tampoco tendrán incentivo para ahorrar mediante un mejor manejo del riego o la siembra de cultivos más parcos en el consumo de agua.

El futuro no aparece como muy alentador. La demanda de agua está creciendo, pero debido a que las fuentes más accesibles ya están siendo explotadas, los costos de acceder a nuevos depósitos se incrementan desproporcionadamente. Las zonas que poseen recursos hídricos sobrantes, conscientes de esta situación, son reacias a ceder parte de sus disponibilidades y, en épocas de penuria financiera,

los gobiernos no se muestran dispuestos a financiar la realización de nuevas obras para la obtención y/o distribución de agua. Frente a este panorama, es necesario introducir mecanismos que permitan disminuir el consumo y reasignar el mismo minimizando a la vez las tensiones sociales.

El ajustar el precio del agua de acuerdo con su «costo de oportunidad»⁵ es la propuesta teóricamente correcta del punto de vista económico, dado que asegura que el recurso sea utilizado por aquellos usuarios que puedan extraerle un mayor rendimiento económico al mismo. Supongamos que en las intermediaciones de una ciudad fuese posible adjudicarle al agua de riego el precio - superior - que la compañía de distribución urbana está dispuesta a pagar. Algunos agricultores se verían obligados a cesar su actividad, otros regarían de forma más eficiente - tal vez comprando equipos más caros - y otros aún se pasarían a cultivos menos exigentes en agua. El agua que ahora no consumen los agricultores será distribuida por la empresa de aguas, y el Estado tendrá probablemente un ingreso fiscal mayor.

No obstante, la realización de soluciones de este tipo tropiezan con dificultades prácticas considerables. El asignarle al agua un «costo de oportunidad» acertado es difícil, pues éste varía de acuerdo con punto de la red, la regularidad del suministro, la estación del año, por supuesto los usos posibles, y la calidad del agua. Los problemas políticos son todavía más intratables. Es difícilmente justificable cobrarle a un agricultor más por el agua porque la obtiene de un río que también abastece a una ciudad, que a otro que la saca de un río más alejado. De la misma forma, es políticamente poco presentable cobrarle menos a una poderosa compañía hidroeléctrica que a un pequeño productor rural, sobre la base que la compañía en realidad no «consume» el agua, sino que la devuelve al medio casi inalterada luego de que pase por sus turbinas. Los productores rurales organizados ejercen entonces fuertes presiones sobre los decisores políticos para mantener los precios del agua por debajo de sus costos de oportunidad.

Tal vez más grave que los dos problemas anteriormente descritos a los efectos de la cotización del agua es que en zonas de baja pluviometría, las tierras de regadío tienen un precio mucho mayor que las de secano, reflejando la disponibilidad de agua a bajo precio. Si éste se incrementa hasta su verdadero «costo de oportunidad», la tierra de regadío no tiene por que valer más que la de secano, precipitando entonces el ajuste de precio una verdadera expropiación de los agricultores de regadío. Aunque las intervenciones estatales están permanentemente alterando los valores de propiedades y derechos, una acción de estas características tendrían efectos socioeconómicos tan disruptivos que es difícil suponer que pueda llevarse a cabo. Por lo menos no de golpe y porrazo.

Una posibilidad interesante para la resolución de los problemas de la adjudicación del uso de agua en regiones de gran escasez es la introducción de un sistema de derechos de uso comercializables independientes de la propiedad de la tierra. La distribución inicial de estos derechos de uso se haría de forma gratuita, respetando el consumo

histórico de los usuarios, lo que evita los problemas de «expropiación» comentados líneas arriba. Nuevas concesiones pueden resolverse mediante subasta de los derechos.

La separación del derecho de uso del agua de la propiedad de la tierra crea un bien enajenable que puede convertirse en una de las propiedades más valiosas de pequeños y medianos agricultores; estos pueden - bajo completa protección de la ley - vender sus excedentes a usuarios que tengan un uso superior para el líquido. Tanto vendedores como compradores están sometidos a incentivos financieros importantes para ahorrar agua. Este ahorro de agua de calidad hace a menudo innecesaria o por lo menos disminuye la urgencia de realizar obras de infraestructura costosas.

Existe, por supuesto, el peligro de la aparición de estructuras monopólicas en el nuevo mercado, o que la posibilidad de la venta de agua conduzca a la sobreexplotación de acuíferos. Estos posibles desarrollos deben ser contrarrestados mediante la creación de organismos reguladores o la adaptación a nuevas funciones de estructuras ya existentes, como las comunidades de regantes, por ejemplo. En todo caso, una vez superadas las objeciones de grupos de interés que preferirían mantener el «status quo», pocos de los problemas que se señalan a la asignación del uso del agua mediante el mercado no se encuentran ya, incluso con mayor intensidad, en sistemas de distribución exclusivamente administrativa.

La descripción de las implicancias que tienen los factores institucionales en la asignación de un recurso medioambiental de gran relevancia para la industria de la jardinería como es el agua debe servir, sobre todo, para indicar una tendencia definida y suministrar al lector una idea sobre a qué puede parecerse el futuro. La toma de conciencia que el medio ambiente no es un pozo infinito, del cual todos podamos obtener beneficio sin rendir contrapartida, está bien avanzada. Tanto a nivel de los responsables políticos como de la opinión pública se ha generado ya un consenso sobre la necesidad de «hacer algo». Los bienes medioambientales -entre los primeros, el agua- verán incrementar su valor en los próximos años, y como consecuencia directa, la necesidad de administrarlos con mesura. Este es un ejemplo claro de una posible intervención estatal tendiente a igualar los costos sociales y privados de un bien medioambiental, como se ha descrito gráficamente en la sección anterior.

El medio ambiente como instrumento de marketing

Las empresas agrarias o de jardinería tienen, por razones evidentes, una estrecha vinculación con la problemática medioambiental. Son importantes consumidoras de insumos medioambientales, pero al mismo tiempo sus productos se asocian con un medio ambiente «sano» o con actividades positivas para el mismo. Esto deja abierto un in-

teresante umbral de oportunidad para que puedan incorporar esta temática a su política comercial.

En principio, la empresa que desee recorrer esta avenida tiene tres aspectos posibles en los que centrar su actuación:

- Acciones preventivas frente a posibles decisiones de la administración que estrechen el campo de acción de la firma mediante reglamentaciones o encarecimiento de insumos. El ejemplo de un posible encarecimiento del agua es por supuesto de gran relevancia para una empresa de paisajismo, tanto del punto de vista de sus propios costos de producción como del de costo de mantenimiento de sus productos.

- En vista de una mayor concienciación de la opinión pública frente a la problemática medioambiental, es posible adaptar la imagen de la empresa a esa exigencia social mediante la toma de actitudes y métodos de trabajo respetuosos del medio ambiente, o responder a solicitudes concretas del mercado, como podría ser la reconstrucción de paisajes autóctonos mediante la oferta de jardines.

- La percepción que formas de explotación agresivas hacia el medio destruyen la propia sustancia en la cual se basa la producción biológica, puede llevar a planteos ecologistas más radicales y sistemáticos, subordinando inclusive la maximización de beneficios en el corto plazo a la obtención de objetivos de protección de la naturaleza.

En la adopción de actitudes y medidas medioambientalistas señaladas en los dos primeros puntos anteriores se percibe la posibilidad de mejorar la posición estratégica de la empresa en la lucha competitiva. Existe una complementariedad entre los objetivos empresariales «maximización de utilidades» y «protección medioambiental». La empresa trata de diferenciarse frente a sus competidores mediante la oferta de una serie de «productos medioambientales» y la proyección de una imagen «verde».

En el campo de la jardinería en general y de la xerojardinería en particular se perciben una serie de posibilidades para actuar en este sentido, como por ejemplo:

- Disminución al mínimo o renuncia al uso de agroquímicos.

- Reducción del uso de fertilizantes al mínimo estrictamente necesario.

- Contribución a la lucha contra la erosión en intervenciones tales como la construcción de terraplenes de carreteras.

- Instalación de setos y biotopos.

- Inmovilización de contaminantes aéreos mediante edificaciones naturadas.

- Ahorro de agua, por supuesto.

Una empresa que utilice esta estrategia para orientar sus ventas está utilizando una metodología que busca adaptarse a las exigencias del mercado, vale decir, utiliza un concepto de marketing tradicional con una presentación distinta. La preocupación de la opinión pública por los temas medioambientales se percibe como una oportunidad para incrementar las ventas.

Si, por lo contrario, la protección medioambiental se eleva a objetivo central de la planificación empresarial, e inclusive se subordina a ésta el objetivo de la maximización de utilidades, nos encontramos frente a una estrategia esencialmente distinta. Esta apuntaría a colocar sus productos en círculos de consumidores enormemente críticos e informados, que no sólo se conforman con una orientación general «verde» de la oferta de la firma, sino que observan también los efectos medioambientales de todo el proceso productivo y hasta la propia filosofía y estilo de vida de directivos y trabajadores de la empresa. Este tipo de concepto tiene cierta relevancia en empresas agrarias en países como Alemania, donde algunos grupos de población importantes han elevado el tema de la protección medioambiental a la categoría de un estilo de vida, y donde este tipo de explotaciones realizan una política empresarial de total transparencia frente a su clientela.

Refiriéndonos nuevamente a empresas que utilicen el marketing medioambiental en sentido amplio, la integración de aspectos ecológicos en la planificación del mismo se trata, en principio, de una ampliación de la estrategia de marketing basado en la calidad, mediante la cual se trata de obtener, aun dentro del marco de la competencia, cierta latitud de fijación de precio mediante la localización de un nicho de consumidores «exigentes». En este caso es conveniente no limitarse simplemente a «pulir» la imagen del producto, sino también la de la propia empresa, a fin de darse un perfil de calidad propio. Se deben anexar conceptos de protección medioambiental prevalecientes en la sociedad y/o en el círculo de potenciales clientes, por lo menos en la medida que no choquen a mediano plazo con el objetivo de maximización de utilidades. El marketing cualitativo es una estrategia que se adapta particularmente bien a las habilidades y capacidad de empresas pequeñas y medianas, que pueden desarrollar sus propios nichos de mercado y defenderlos exitosamente contra la competencia de empresas mayores. Por otro lado, dado que las preferencias de la clientela puede cambiar muy rápidamente y que la competencia siempre está dispuesta a imitar estrategias exitosas, una empresa que las utilice debe poseer una gran flexibilidad en su planificación y en su accionar. En caso de éxito, sin embargo, la recompensa puede ser interesante, sobre todo cuando se está actuando en mercados saturados.

La empresa que decida utilizar esta estrategia deberá reflexionar si se cumplen algunas condiciones, tanto externas como internas. Entre las primeras está, por supuesto, que el tema medioambiental sea objeto de las reflexiones de la clientela potencial y que el plan comercial a desarrollar no colida con disposiciones legales vigentes (prohibición de comercializar plantas autóctonas en peligro de extinción, por ejemplo). La empresa en sí deberá presentar

una fuerte orientación medioambientalista, tanto en su sistema de producción como en su sistema de distribución y ventas. No sólo es necesario que el producto reúna las características deseadas, sino que estas características también deberán estar presentes en servicios y accesorios ofertados.

De importancia central es la aplicación de técnicas para la obtención de informaciones sobre las exigencias específicas de la clientela. Tienen validez las técnicas aplicables a la localización de nichos de mercado y de delimitación de la oferta propia frente a la de los competidores. Particularmente aptas para lograr estos objetivos son las estrategias de segmentación de mercados. Estas apuntan a la identificación de grupos de consumidores diferenciados en base a claros criterios delimitantes.

Estos criterios deben:

- Ser medibles.
- Reflejar la futura conducta de los potenciales consumidores frente al producto o servicio en cuestión.
- Permanecer estables durante un período de tiempo significativo.
- Ser aplicables para desarrollar medidas de marketing concretas.

Básicamente los criterios se dividen en: demográficos y sicográficos. A su vez se distinguen los demográficos en sentido estrecho (edad, sexo, tamaño de la familia, estado civil) y en sentido amplio, entre los que se hallan los criterios socioeconómicos (nivel educativo, profesión, ingreso, nacionalidad) y geográficos (lugar de residencia, de trabajo, etc.). A veces se combinan algunos de estos criterios para obtener construcciones tales como «etapas del ciclo familiar» o «clase social».

Los criterios demográficos sirven para determinar si determinados productos serán comprados o no, pero no suelen llevar mucho más lejos. Establecer que las familias de elevados ingresos serán las principales consumidoras de artículos de lujo, por ejemplo, es un conocimiento demasiado trivial para ser de mayor utilidad.

Los criterios sicográficos incluyen aspectos tales como actitudes, motivos, características de la personalidad y la conducta de consumo; esta última un parámetro medible experimentalmente. Estas características se utilizan rara vez de forma aislada; suelen combinarse en construcciones especiales, como por ejemplo el «estilo de vida», variable artificial que se utilizó mucho en estudios en la década de los ochenta.

La utilización de todos estos criterios o combinaciones de ellos a los efectos de predecir la conducta de los consumidores debe ser, no obstante, complementada con un buen conocimiento de los mercados y su evolución; el investigador de mercados debe apoyarse en su sentido común. La conducta de los consumidores es un fenómeno complejo y permanentemente cambiante; nos encontramos frente a un mosaico de informaciones de distinta proceden-

cia; el percibir las tendencias y tener una visión de futuro también es necesario. De otra forma se corre el riesgo de identificar segmentos de mercado que no son más actuales o que ya se encuentran ocupados por la competencia.

Resumen y conclusiones

En el presente capítulo se ha discutido la problemática medioambiental desde diferentes ángulos complementarios: las bases que justifican y determinan la actuación estatal en este terreno, algunos de sus efectos a nivel de la sociedad y la economía en su conjunto, y las restricciones y oportunidades que este marco de actuación determinan para las empresas privadas. Para permanecer fieles al tema, se han explorado las vinculaciones posibles con el desarrollo de la xerojardinería, aunque las reflexiones expresadas tienen por supuesto una latitud de aplicación mucho más amplia.

La necesidad de encontrar nuevas claves para la distribución del uso del agua es uno de los problemas centrales de conservación medioambiental que habrá que resolver en los próximos años en el Arco Mediterráneo Español. La contribución de las técnicas de xerojardinería a la resolución de esta problemática es difícil de exagerar.

Esto abre también interesantes posibilidades a empresarios flexibles y con iniciativa para perfilarse mediante técnicas adecuadas de investigación de mercados y comunicación, a los efectos de capturar segmentos de mercado crecientes y de interesante poder adquisitivo. Una rápida revista a algunas de estas técnicas cierra el capítulo, seguramente mucho antes de agotar el tema. ◀

Bibliografía

Azqueta Oyarzum, D. Valoración económica de la calidad ambiental. Mc Graw-Hill España. Madrid. 1994: 299.

Cabot i Roig, P. y X. Argimón i de Vilardaga. Introducción al cultivo de plantas autóctonas como ornamentales. Autóctonas en el paisaje. Arquitectura del Paisaje. Núm. 28. Octubre 1996: 22-26.

Gilbert, O. Städtische Ökosysteme. Editorial Neumann. Leipzig. 1994: 247.

Hamm, U. Landwirtschaftliches Marketing. Editorial Ulmer. Stuttgart 1991: 331.

Hopfenbeck, W. Dirección y marketing ecológicos. Ediciones Deusto. Madrid. 1993: 425.

Mallol, M. Entrevista a Silvia Burés. Horticultura. Vol. XVI. Núm. 7. Octubre 1997: 85-87.

Merino Pacheco, M. Institutional questions and environmental assets in European agriculture. How and why RICA/FADN will go green. IAccounting managing and innovation. Pacioli 2. Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO). Den Haag. Febrero 1996: 180-195.

Romero, C. Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza Editorial. Madrid. 1994: 189.

Simmons, I.G. Ecología de los recursos naturales. Ediciones Omega. Barcelona. 1982: 462.

Thobani, M. Formal water markets: Why, when and how to introduce tradable water rights. Research Observer. The World Bank. Vol. 12. Núm. 2. Agosto 1997: 161-179.

¹ Ver. C. ROMERO, 1994.

² Los mercados ideales suponen además que se cumplen otras condiciones, tales como la ausencia de poder monopólico por parte de los participantes, por ejemplo. Dado que la presente discusión trata de centrarse en los aspectos esenciales del tema, se dan esta y otras condiciones accesorias por sentadas.

³ Obsérvese que esta definición de «bien público» difiere de la que se da en el habla familiar, en la que se caracteriza como «bien público» a aquel que es suministrado por instancias estatales.

⁴ Ver Cabot i Roig & Argimon i De Vilardaga, 1996.

⁵ El concepto de «costo de oportunidad» se centra en que el valor - o costo - de un recurso es igual al de su rendimiento económico en el mejor uso alternativo.

De acuerdo con esto, bajo condiciones de libre mercado, los recursos se canalizan hacia la actividad dónde más rinden.

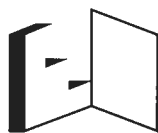
Así, suponiendo que en una determinada región sean posibles dos actividades que utilizan agua,

A y B; y que en A el rendimiento del metro cúbico de agua sea de un centavo, y en B de dos centavos;

B prevalecerá, pagando por el agua un centavo por metro cúbico.



COMPENDIOS DE HORTICULTURA es una colección de libros profesionales. Los temas son monográficos pudiendo contener publicidad exclusivamente de empresas y productos relevantes sobre la temática de cada obra. El color de las cubiertas agrupa a los temas y la numeración pertenece a la colección. Los Compendios de Horticultura son un conjunto de proyectos editoriales propios y pueden realizarse en colaboración de patrocinadores, co-editores, instituciones, empresas...



**EDICIONES
DE HORTICULTURA, S.L.**

www.ediho.es

Paseo Misericordia 16, 1º - 43205 REUS
Tel.: +34-977 75 04 02 - Fax +34-977 75 30 56
e-mail: biblioteca@ediho.es
<http://www.ediho.es>
<http://www.ediho.es/biblioteca>

